

# **Sistema de control y seguimiento de obras del proyecto “Obras de Post-Cierre del Relleno Sanitario Río Azul”**



CARLOS ANDRES NAVARRO SOLANO

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

Diciembre del 2010

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

## **SISTEMA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DE OBRAS DEL PROYECTO “OBRAS DE POST-CIERRE DEL RELLENO SANITARIO RÍO AZUL”**

**Carlos Andrés Navarro Solano<sup>1</sup>**

### **ABSTRACT**

The Río Azul Landfill is currently under a post-closure process to mitigate the harmful effects on the environment and the public health. The purpose of this work is to establish a control and monitoring system of the project “Río Azul Landfill’s Post-Closure Works”, focused on the areas of Scope, Time, Quality and Human Resources. This was achieved through the development of management tools for equipment and machinery, considering the number of operation hours, the diesel consumed by the equipment and the cost for the project; this way the effective working hours of the machinery were known in detail, obtaining the real costs associated to the equipment. Regarding the manpower, a ticket system was implemented, providing information of the manpower distribution in the different project activities. As part of this work, a field verification of the works’ quality was conducted to ensure they follow the technical specifications of the project; also an inspection and maintenance sheet for closed landfills was elaborated in order to follow the country’s regulation laws. In conclusion, it’s essential in any project to do works’ inspections both during the construction process and at the end to get the quality work expected. Finally, equipment monthly performance reports were prepared for the Project Management, and work areas were settled for the monthly maintenance activities, in order to cover all the Río Azul’s Landfill area.

**KEY WORDS:** landfill, Río Azul, post-closure works, machinery control, manpower control, maintenance inspection sheet.

---

<sup>1</sup> INFORME DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN, Escuela de Ingeniería en Construcción, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 2010.

## RESUMEN

El Relleno Sanitario Río Azul se encuentra en un proceso de obras de post-cierre, para mitigar los efectos dañinos al medio ambiente y la salud pública. El objetivo de este trabajo es implementar un sistema de control y seguimiento de obras para el proyecto “Obras de Post-Cierre del Relleno Sanitario Río Azul”, enfocado en las áreas de Alcance, Tiempo, Calidad y Recurso Humano. Esto se logró mediante el desarrollo de herramientas de control para el equipo y maquinaria, considerando la cantidad de horas de operación, el diesel consumido por equipo y el costo del mismo para el proyecto; de esta manera se conoció detalladamente las horas efectivas de trabajo de la maquinaria, de manera que el costo asociado al equipo fuera el real. Con respecto al recurso humano, se implementó un sistema de tiquetes de trabajo que brindó información sobre la distribución de la mano de obra en las diferentes actividades. Como parte del trabajo, se llevó a cabo la verificación en campo de la calidad de las obras; con esto se aseguró que las mismas cumplieran con las especificaciones técnicas del proyecto; además se elaboró una hoja de inspección de mantenimiento de rellenos sanitarios cerrados, con el fin de que cumplan con el reglamento del país. Se pudo concluir que es indispensable en todo proyecto realizar inspecciones de las obras, tanto durante el proceso constructivo, como al finalizar el mismo, para obtener obras de calidad según lo esperado. Finalmente, se elaboraron informes de rendimiento mensual de los equipos utilizados dirigidos a la Gerencia de Proyectos, y se establecieron zonas de trabajo para las actividades de mantenimiento mensual, con el fin de abarcar el área que conforma el Relleno Sanitario de Río Azul.

**PALABRAS CLAVE:** relleno sanitario, Río Azul, obras de post-cierre, control de maquinaria, control de mano de obra, hoja de inspección de mantenimiento.

## CONTENIDO

<b>PREFACIO</b> .....	<b>1</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>9</b>
<b>Objetivo General</b> .....	<b>9</b>
<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>10</b>
<b>Problemática</b> .....	<b>11</b>
<b>Obras de post-cierre</b> .....	<b>13</b>
<b>WPP Continental</b> .....	<b>15</b>
<b>Antecedentes de la institución</b> .....	<b>15</b>
<b>Misión y visión</b> .....	<b>16</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>17</b>
<b>Sistema de control de maquinaria</b> .....	<b>17</b>
<b>Cantidad de operación</b> .....	<b>18</b>
<b>Asignación de horas de operación</b> .....	<b>19</b>
<b>Actividades</b> .....	<b>20</b>
<b>Maquinaria utilizada en el proyecto</b> .....	<b>21</b>
<b>Combustible</b> .....	<b>22</b>
<b>Sistema de control de mano de obra</b> .....	<b>23</b>
<b>Actividades</b> .....	<b>23</b>
<b>Recopilación de la información</b> .....	<b>23</b>
<b>Tiquetes de trabajo</b> .....	<b>24</b>
<b>Verificación de la calidad de las obras</b> .....	<b>25</b>
<b>Verificaciones de campo</b> .....	<b>25</b>
<b>Calidad de los materiales</b> .....	<b>26</b>
<b>Control de materiales</b> .....	<b>26</b>
<b>Informes mensuales</b> .....	<b>27</b>

Maquinaria.....	27
Labores realizadas .....	28
Establecimiento de zonas de trabajo de mantenimiento mensual .....	28
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
Control de maquinaria y equipo .....	31
Control diario de operación por equipo .....	31
Tabla resumen de horas de operación .....	32
Tabla resumen de diesel a rebajar .....	32
Tabla resumen de maquinaria por proveedor .....	32
Sistema de control de mano de obra .....	38
Hoja de tiquetes de trabajo semanal.....	38
Tabla resumen mensual por cuadrilla .....	38
Tabla resumen mensual de mano de obra del proyecto .....	39
Verificaciones de campo .....	43
Informes de maquinaria y equipo utilizado .....	46
Establecimiento de zonas de trabajo de mantenimiento mensual .....	46
<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>	<b>51</b>
Control de maquinaria.....	51
Control de mano de obra .....	55
Verificación de la calidad de las obras .....	57
Verificaciones de campo.....	57
Calidad de los materiales.....	58
Hoja de inspección de campo .....	59
Informes de rendimiento mensual.....	60
Establecimiento de zonas de trabajo de mantenimiento mensual .....	60
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>77</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Matriz tarea – actividad de obras del proyecto obras de post-cierre relleno sanitario río azul.....	21
<b>Figura 2.</b> Costos de alquiler de maquinaria utilizada en el proyecto Obras de Post Cierre.....	22
<b>Figura 3.</b> Tiquete de trabajo diario por cuadrilla. ....	24
<b>Figura 4.</b> Tabla mensual de horas de operación de un back-hoe utilizado en el proyecto (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010). ....	33
<b>Figura 5.</b> Tabla mensual de horas de operación de la excavadora utilizada en el proyecto (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010). ....	34
<b>Figura 6.</b> Tabla resumen mensual de horas de operación (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010). ....	35
<b>Figura 7.</b> Tabla resumen de diesel a rebajar (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010). ....	36
<b>Figura 8.</b> Tabla resumen de maquinaria por proveedor (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010). ....	37
<b>Figura 9.</b> Hoja de tiquetes de trabajo semanal por cuadrilla (semana del 4 de octubre al 9 de octubre, 2010). ....	40
<b>Figura 10.</b> Tabla resumen mensual de mano de obra por cuadrilla 2 (15 setiembre – 14 octubre). ....	41
<b>Figura 11.</b> Tabla resumen mensual de mano de obra del proyecto obras de post-cierre.....	42
<b>Figura 12.</b> Hoja de inspección de obras de mantenimiento (parte frontal). ....	44
<b>Figura 13.</b> Hoja de inspección de obras de mantenimiento (parte posterior). ....	45
<b>Figura 14.</b> Áreas de trabajo mensual en sistema de lixiviados.....	48
<b>Figura 15.</b> Áreas de trabajo mensual en áreas verdes.....	49
<b>Figura 16.</b> Áreas de trabajo mensual en sistema pluvial y vías de acceso. ....	50

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Resumen de rendimientos de mano de obra en labores de mantenimiento.....	47
--	----

## INDICE DE APÉNDICES

<b>Apéndice 1.</b> Boleta de salida de materiales de bodega.....	68
<b>Apéndice 2.</b> Informe mensual de maquinaria.....	69
<b>Apéndice 3.</b> Costo total de la actividad malla perimetral.....	70

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Boleta de control de maquinaria y equipo. ....	72
<b>Anexo 2.</b> Boleta de control de combustible. ....	73
<b>Anexo 3.</b> Programación del proyecto obras de post-cierre relleno sanitario río azul. .....	74
<b>Anexo 4.</b> Especificaciones técnicas proyecto “obras de post-cierre del relleno sanitario río azul”. ....	75
<b>Anexo 5.</b> Reglamento sobre rellenos sanitarios. ....	76

## **PREFACIO**

En todo proyecto de construcción es indispensable llevar un control y seguimiento de las obras que se realizan, con el fin de conocer el avance del mismo en todo momento, así como los costos asociados. En los proyectos de infraestructura es de gran importancia llevar un control detallado de los costos de maquinaria, mano de obra y materiales. Debe ponerse un especial cuidado al uso de la maquinaria ya que ésta constituye uno de los costos más importantes en este tipo de obras.

Con el fin de mitigar los efectos dañinos al medio ambiente y la salud pública, se realizaron en el Relleno Sanitario Río Azul, una serie de obras de infraestructura, las cuales están conformadas, principalmente, por la construcción de drenajes y sistemas de recolección de agua pluvial, las cuales constituyen parte del proyecto Obras de Post-Cierre del Relleno Sanitario Río Azul.

El presente trabajo es de gran importancia para la empresa WPP Continental, ya que constituye una herramienta para la administración de la maquinaria y la mano de obra, la cual puede ser utilizada tanto en el Proyecto de Río Azul, como en los otros rellenos sanitarios administrados por la misma empresa, los cuales se encuentran próximos a su cese de operaciones; estos son los Proyectos de Los Pinos y Los Mangos, localizados en Cartago y Alajuela, respectivamente.

El objetivo general del presente trabajo es implementar un sistema de control y seguimiento de obras para el proyecto: "Obras de Post-Cierre en el Relleno Sanitario Río Azul", enfocado en las áreas de Alcance, Tiempo, Calidad y Recurso Humano; por medio del desarrollo de herramientas de control para el equipo y maquinaria pesada, así como del recurso humano de acuerdo con las actividades que se llevan a cabo en el proyecto.

El desarrollo de esta práctica profesional fue posible gracias a la oportunidad brindada por el equipo de ingeniería de la empresa WPP Continental de Costa Rica; se agradece especialmente al MAP. Ricardo Triana Castañeda, ingeniero del proyecto, quien fue el responsable por parte de la empresa y brindó su apoyo y colaboración para alcanzar los objetivos planteados. Igualmente se agradece al MAP. Miguel Artavia Alvarado, quien realizó la labor de profesor guía del trabajo de graduación, aportando observaciones y recomendaciones para la elaboración del mismo.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El Relleno Sanitario Río Azul, luego de haber iniciado un proceso de Cierre Técnico para mitigar los efectos nocivos a la salud y al medio ambiente, tal como está estipulado en el Reglamento de Rellenos Sanitarios de Costa Rica, pasó a una segunda etapa conocida como Post-Cierre; en dicha etapa los rellenos sanitarios generalmente cumplen ya con todas las obras de infraestructura que conforman un cierre técnico, en el que se da un perfecto manejo de las aguas dentro del área que conforma el mismo; lo que permite brindar mantenimiento y operación a la planta de tratamiento de lixiviados durante los años posteriores al cese de sus operaciones.

Sin embargo, en el cierre técnico del Relleno Sanitario Río Azul, a pesar de haberse realizado un conjunto de obras de infraestructura, las mismas no abarcaban toda el área del relleno; por esta razón se presentó la necesidad de realizar un proyecto de Obras de Post-Cierre, en que se incluye gran cantidad de obras de infraestructura que, por una razón u otra no estuvieron contempladas dentro del proyecto de Cierre Técnico.

Por lo explicado anteriormente, surgió la oportunidad de realización de la práctica profesional en el Departamento de Ingeniería de la empresa WPP Continental, ya que, al haber iniciado las obras del denominado proyecto Obras de Post-Cierre, se hizo necesario llevar un control estricto de los costos de la maquinaria y equipo que se utilizaron durante el periodo del proyecto.

El proyecto se desarrolló en el Relleno Sanitario Río Azul, localizado al sureste de la ciudad de San José, en el distrito de Río Azul, cantón de La Unión, durante los meses de julio a noviembre del año 2010. El presente trabajo es de gran importancia para la empresa WPP Continental, ya que constituye una herramienta para la administración de la maquinaria y la mano de obra, la cual puede ser utilizada, tanto en el Proyecto de Río Azul, como en los otros rellenos sanitarios administrados por la misma empresa, los cuales se encuentran próximos a su cese de operaciones.

El objetivo general del presente trabajo fue implementar un sistema de control y seguimiento de obras para el proyecto “Obras de Post-Cierre en el Relleno Sanitario Río Azul”, enfocado en las áreas de Alcance, Tiempo, Calidad y Recurso Humano; mediante el desarrollo de herramientas de control para el equipo y maquinaria pesada, así como del recurso humano de acuerdo con las actividades que se desarrollaban en el proyecto. Asimismo, se llevó a cabo la verificación en campo de la calidad de las obras, según lo establecido para el proyecto y según las especificaciones técnicas del mismo. Finalmente, se implementó un sistema de informes de rendimiento mensual del desempeño de los equipos utilizados y se establecieron las diferentes zonas de trabajo para actividades de mantenimiento de forma semanal, con el fin de abarcar el área que conforma el Relleno Sanitario de Río Azul.

Con respecto a la metodología, se realizó una investigación de campo y se determinó la información relevante para el control que se estableció, como la cantidad de operación de la maquinaria y la asignación de horas de operación a las diferentes actividades. Para lograr el control fue importante definir las tareas correspondientes a cada actividad, las cuales eran:

- ✓ Sistema de recolección pluvial
- ✓ Sistema de recolección de lixiviados
- ✓ Operación de planta de tratamiento
- ✓ Áreas verdes
- ✓ Vías internas de acceso
- ✓ Rehabilitación de malla perimetral
- ✓ Trabajos en Relleno Los Pinos

Otro aspecto importante que se contempló fue el combustible para el equipo, el cual se controló por medio de boletas de entrega de combustible manejadas por el encargado de bodega.

Para el control de mano de obra se implementaron tiquetes de trabajo en los cuales se definían las actividades por realizar en el proyecto, de modo que se pudiesen asignar tiempos laborados de manera diaria a cada actividad, según correspondiese. Estos tiquetes se llevaron por cuadrilla de trabajo, y de manera personalizada mediante verificaciones de campo.

En cuanto a la calidad de las obras que se desarrollaron durante el periodo de práctica, se realizaron verificaciones de campo periódicas, en compañía del ingeniero de proyecto, con el fin de inspeccionar la calidad de las mismas y asegurar que éstas cumplieren con el Reglamento de Rellenos Sanitarios y las especificaciones técnicas del proyecto.

A partir de la información del control de maquinaria y del conocimiento de las obras que se realizaban en el proyecto de Río Azul, se realizaron informes para la Gerencia de Proyectos; detallando las tareas en las que fue utilizada la maquinaria en el proyecto durante el mes contractual.

Con el fin de establecer las zonas para trabajos de mantenimiento en el proyecto, se tomaron rendimientos de mano de obra de los trabajadores y, a partir de esta información, se establecieron áreas de trabajo, de manera que durante el mes contractual se abarcar las tareas en toda el área del proyecto y cumplir con ellas.

Como resultado de este trabajo se obtuvo un control de maquinaria y equipo, el cual mostraba, para cada equipo, la cantidad de horas de operación, el diesel consumido y el costo del mismo para el proyecto. Con respecto a la mano de obra, se implementó un sistema que brindó información sobre la distribución de la mano de obra en las diferentes actividades.

A partir de las verificaciones de campo realizadas se aseguró que las obras realizadas durante el periodo de práctica, cumplieran con lo establecido en las Especificaciones Técnicas del Proyecto Obras de Post-Cierre del Relleno Sanitario Río Azul. Además se elaboró una Hoja de Inspección de Mantenimiento de rellenos sanitarios cerrados, con el fin de asegurar que los mismos cumplan con el Reglamento de Rellenos Sanitarios del país.

Tomando como base la información de la maquinaria y el conocimiento de las obras que se desarrollaban, se elaboraron Informes de Maquinaria dirigidos a la Gerencia de Proyectos de la empresa, en los cuales se mostraban las actividades en las que fueron utilizados, así como la cantidad total de horas de operación.

Como resultado de la información de rendimientos tomada en campo, se obtuvo un cuadro de Resumen de Rendimientos de Mano de Obra en Labores de Mantenimiento; ésta información se utilizó para el establecimiento de zonas de trabajo mensual.

Del presente trabajo, se pudo concluir que el control diario del equipo permitió conocer detalladamente las horas efectivas de trabajo de la maquinaria, de manera que el costo por equipo fuera el real. Además, con la Tabla Resumen de Horas de Operación se conoció el monto asociado al rubro de maquinaria del proyecto de manera actualizada.

Con respecto al control de combustible, de la Tabla Resumen de diesel a rebajar, se concluyen tres aspectos importantes; primeramente, se pudo conocer el monto asociado al diesel por equipo, además del consumo por cada maquinaria en litros. Se logró llevar un control detallado del diesel entregado por parte de la empresa WPP Continental, así como tener un inventario de la existencia de combustible en el proyecto.

A partir de la Tabla Resumen de Maquinaria por Proveedor, se conoció toda la información relevante en cuanto al insumo de maquinaria del proyecto de manera mensual.

El sistema implementado permitió conocer la distribución del equipo en las diferentes actividades desarrolladas en el proyecto; y se logró una distribución de los costos de forma precisa. Con respecto a la mano de obra, al implementar la herramienta de tiquetes de trabajo, se logró asignar estos costos a las diferentes actividades del proyecto de manera exacta por medio de la Tabla Resumen Mensual de Mano de Obra del Proyecto, lo cual permite tomar decisiones acertadas basándose en lo programado para el periodo.

Se pudo concluir que es indispensable en todo proyecto, realizar inspecciones de las obras, tanto durante el proceso constructivo, como al finalizar las obras; esto con el fin de obtener obras de calidad según lo esperado. Al realizar la verificación de la calidad de las obras, y gracias a la Hoja de Inspección de Mantenimiento, se pudieron realizar inspecciones generales para asegurar el buen funcionamiento de los sistemas que conforman un relleno sanitario y, a la vez, el cumplimiento con la normativa regulatoria.

Es importante mantener informada a la Gerencia de Proyectos, del uso que se le da a los equipos en los proyectos, debido al alto costo que estos implican en el presupuesto global de los mismos, esto se logra entregando informes mensuales de la maquinaria y el equipo utilizado. Además, para la empresa es de importante conocer el rendimiento de la mano de obra en actividades de mantenimiento.

## **INTRODUCCIÓN**

El presente proyecto se desarrolló en el Relleno Sanitario Río Azul, el cual se encuentra localizado al sureste de la ciudad de San José, en el distrito de Río Azul, Cantón de La Unión, durante los meses de Julio a Noviembre del año 2010.

El proyecto se elaboró a solicitud de la empresa WPP Continental de Costa Rica, la cual es la encargada del proyecto ante el Ministerio de Salud, propietario del Relleno, durante el periodo de práctica profesional, a cargo del ingeniero de proyecto MAP. Ricardo Triana Castañeda.

Para la realización de este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

### **Objetivo General**

Implementar un sistema de control y seguimiento de obras para el proyecto "Obras de Post-Cierre del Relleno Sanitario Río Azul", enfocado en las áreas de Alcance, Tiempo, Calidad y Recurso Humano.

### **Objetivos Específicos**

1. Desarrollar las herramientas de control para el equipo de trabajo y maquinaria pesada por utilizarse en el proyecto.
2. Generar las herramientas de control y organización para la administración del recurso humano a nivel de horarios de trabajo, de acuerdo con las actividades por desarrollar.

3. Realizar verificaciones en campo de la calidad de las obras, según lo establecido para el proyecto “Obras de post-cierre”, de acuerdo con las especificaciones técnicas respectivas.
4. Implementar un sistema de informes de rendimiento mensual que muestre el uso dado a los equipos utilizados.
5. Establecer las diferentes zonas de trabajo por actividad de forma mensual, con el fin de abarcar el área que conforma el Relleno Sanitario de Río Azul.

### **Antecedentes**

El Relleno Sanitario Río Azul inició sus funciones en 1972, cuando existía un botadero de basura a cielo abierto sin ninguna clase de control o tratamiento sobre el mismo, fue en 1978 cuando se inició con algún tipo de procesamiento sobre el material depositado en este lugar, pero aún sin el tratamiento necesario para evitar la contaminación de ríos y aguas subterráneas, debido a los lixiviados provenientes de la basura depositada.

En el año 1994 se realizó una propuesta por parte del gobierno, de realizar un cierre técnico del mismo, en donde se realizasen un conjunto de actividades y obras civiles que se efectúan en un vertedero de desechos, con el fin de mitigar los efectos dañinos a la salud pública y al ambiente. Sin embargo no fue hasta el año 2007 que El Ministerio de Salud como propietario del Relleno Sanitario Río Azul, y como ente responsable de evitar los efectos indeseables en la salud pública y el ambiente, contrató los servicios de la empresa WPP Continental de Costa Rica, para la primera etapa de cierre técnico, que concluiría en el año 2009; la misma tuvo éxito en cuanto a objetivos y alcances esperados para el proyecto.

A pesar de esto, quedaron pendientes las obras de Post-Cierre, las cuales fueron proyectadas para realizarse durante los años 2010 - 2011, estas consisten en un conjunto de obras de infraestructura que no fueron incluidas en el alcance del proyecto de cierre técnico. Estas obras corresponden a la estabilización de taludes naturales y de desechos, así como la recuperación del la margen izquierda de la Quebrada Churuca, la construcción de drenajes del sistema de lixiviados, la construcción de obras del sistema de canalización pluvial así como el confinamiento de desechos según lo establece el reglamento de rellenos sanitarios de nuestro país.

Todas estas obras se deben realizar en conjunto con el mantenimiento de los sistemas de infraestructura existentes, para que se encuentren en perfectas condiciones de funcionamiento. Esto es necesario en todo relleno sanitario durante los años siguientes al cese de sus operaciones.

### **Problemática**

Por causa del prolongado periodo de tiempo durante el que operó el Relleno Sanitario Río Azul como vertedero a cielo abierto, sin tratamiento de los desechos, este proyecto es un relleno sanitario con características muy particulares respecto de los rellenos preparados para este fin.

Según Triana (2010), debido a la falta de preparación del sitio para ser utilizado como relleno y a no haberse realizado un correcto manejo de los desechos, se presentan en la actualidad graves problemas que afectan la salud pública y el medio ambiente, entre los que se encuentran:

- Asentamientos y hundimientos importantes debido a la falta de compactación de los desechos depositados, los cuales son causantes de problemas de estabilidad en taludes con potencial riesgo de deslizamientos.

- El proceso de descomposición y digestión que experimentan los desechos orgánicos, genera una acelerada disminución en el volumen de los sólidos depositados, incrementando los asentamientos diferenciales en las diferentes zonas del relleno.
- Como en todo relleno sanitario, debido a los procesos de digestión que sufren los desechos, se producen dos productos nocivos para el ambiente: el gas y el lixiviado.
- Debido al proceso de crecimiento en que se desarrolló el relleno, algunas zonas del mismo no poseen sistemas de drenajes de lixiviados, razón por la cual un volumen importante del líquido no es llevado a la planta de tratamiento para el adecuado procesamiento del mismo.
- La falta de evacuación del lixiviado genera problemas de contaminación y sobrecarga en el terreno, desestabilizando taludes y laderas e incrementando los riesgos de deslizamientos dentro del proyecto.
- El gas, compuesto por metano y dióxido de carbono es causante del efecto invernadero, por lo que este debe ser tratado correctamente para mitigar tal efecto en el ambiente.
- Al igual que el sistema de lixiviados, gran área del proyecto carece de un buen sistema de recolección de aguas pluviales, lo que produce problemas de acumulación de agua en los taludes, erosión al pie de los mismos, así como infiltraciones al drenaje de lixiviados
- Cobertura con poco material arcilloso, lo que incrementa la infiltración de agua pluvial y, por tanto, el caudal del sistema de lixiviados del relleno.

## **Obras de post-cierre**

En 1972 el Relleno Sanitario Río Azul inició sus labores como botadero a cielo abierto, y se convirtió en el lugar de depósito de desechos de principales centros poblacionales como el Cantón Central de San José, Curridabat, Moravia, Alajuelita, Tibás, Coronado, Goicoechea, La Unión, Escazú, y Montes de Oca. (Mora y Mora, 2003).

Desde su inicio y hasta el año 1994, la basura allí colocada no recibía ninguna clase de tratamiento, lo que causaba grandes problemas de contaminación ambiental, y hacia la salud pública; entre estos se puede mencionar:

- Contaminación de mantos acuíferos de la zona.
- Contaminación de las Quebradas Churuca y Río Azul.
- Enfermedades causadas por la falta de higiene.
- Aparición de animales transmisores de enfermedades como ratas, zopilotes, perros, etc.
- Olores desagradables como consecuencia del mal manejo de los desechos.

En el año 1994, contando con un porcentaje de los ingresos provenientes del cobro por tonelada depositada en el sitio, se inició con la recuperación del vertedero, con el fin de minimizar el impacto al medio ambiente y la salud; sin embargo fue en el año 2007 cuando el Ministerio de Salud, como propietario y responsable del sitio, por medio del mecanismo de contratación directa, contrató los servicios de la empresa WPP Continental de Costa Rica, para que esta fuera la responsable de realizar el Cierre Técnico del relleno; que consistía en una serie de trabajos y obras de construcción, con el objetivo de mitigar los efectos indeseables para la salud pública y el medio ambiente.

Sin embargo quedaron sin realizar las obras de Post-Cierre, las cuales son planteadas para ser ejecutadas durante los años 2010- 2011, y que, de acuerdo con Triana (2010), consisten en:

- Construcción de la red de captación; conducción y disposición perimetral de lixiviados, de manera que el fluido sea transportado debidamente a la planta de tratamiento.
- Confinamiento de los desechos sólidos conforme a la legislación de acuerdo con lo que se establece en el Reglamento de Rellenos Sanitarios existente.
- Construcción de obras de infraestructura pluvial necesarias para la correcta captación, transporte y disposición de las aguas pluviales y de escorrentía del relleno sanitario.
- Construcción de pozos de monitoreo de aguas subterráneas, para el monitoreo constante de la calidad de las aguas del relleno sanitario.
- Estabilización del Cerro Asilo en el sector sur, de manera que se eliminen los riesgos de deslizamiento ocasionados por la erosión laminar, fenómenos de lluvia y viento.
- Saneamiento y estabilización de la Quebrada Churuca por medio de una serie de obras de movimiento de desechos, conformación de taludes, elaboración de drenajes, confinamiento y evacuación de aguas de lluvia.
- Construcción de la malla perimetral como obra complementaria, con el fin de salvaguardar los bienes muebles e inmuebles del proyecto.

## **WPP Continental**

WPP Continental de Costa Rica S.A. es la empresa pionera y líder en el manejo de los desechos sólidos en Costa Rica. Su actividad principal es la recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos en rellenos mecanizados con tecnología de punta que garantiza el tratamiento profesional de los residuos y la protección del medio ambiente. Cuenta con las herramientas para monitorear, evaluar y mejorar diariamente las operaciones, con la más alta tecnología de la industria y estándares internacionales.

A continuación se realizará una descripción detallada relacionada con los antecedentes de la institución, la misión y visión.

### **Antecedentes de la institución**

WPP Continental de Costa Rica S.A. nació de la relación entre su empresa antecesora WPP, Inc, domiciliada en Dayton, Ohio y dos profesionales costarricenses, quienes han participado en el proyecto desde su inicio. La empresa inició las primeras propuestas técnicas para el manejo y disposición final de los desechos sólidos en Costa Rica, en el año 1992.

En 1994 fue adquirida por Continental Waste Industries Inc, Nueva Jersey, que poco después, en 1997, fue absorbida por Republic Industries Inc, Florida, una de las 5 empresas más grandes de Los Estados Unidos en el manejo de desechos sólidos. Durante estos cambios ambos socios costarricenses mantuvieron su relación y la administración de WPP.

El 8 de diciembre del 2000 se completó la negociación; Republic Industries traspasó todas sus acciones a los socios costarricenses y a un grupo inversionista norteamericano de la Ciudad de Denver.

En la década de funcionamiento, WPP ha administrado los rellenos sanitarios de “Río Azul” en Río Azul de Desamparados, “Los Mangos” en Alajuela, “Los Pinos” en Paraíso de Cartago. Asimismo se brindan los servicios de recolección a nivel gubernamental y privado a diferentes cantones de distintas provincias del país (Grupo WPP, 2009).

### **Misión y visión**

La misión de WPP Continental es ser una empresa comprometida con un ambiente sano, dedicada a brindar en forma ética, eficiente y sostenible, los servicios asociados a la gestión de los desechos, sensible a las necesidades de los clientes, al bienestar de su recurso humano y de la comunidad" (Grupo WPP, 2009).

En cuanto a la visión de la empresa, ésta pretende ser el líder innovador a nivel centroamericano con pensamiento estratégico enfocado en la satisfacción de las necesidades de sus clientes; además pretende desarrollar la capacidad productiva, los métodos y las tecnologías que permitan marcar la pauta del mercado de los servicios asociados a la gestión de desechos.

Además tiene un recurso humano identificado y altamente capacitado con oportunidades aseguradas a largo plazo, para lograr excelencia en la relación con los clientes, así como establecer altos estándares sociales, ambientales y de seguridad que garanticen la sostenibilidad de la empresa (Grupo WPP, 2009).

La misión de WPP Continental es ser una empresa comprometida con un ambiente sano, dedicada a brindar en forma ética, eficiente y sostenible, los servicios asociados a la gestión de los desechos, sensible a las necesidades de los clientes, al bienestar de su recurso humano y de la comunidad" (Grupo WPP, 2009).

## METODOLOGÍA

El proyecto se llevó a cabo siguiendo la metodología descrita a continuación:

### **Sistema de control de maquinaria**

Con el fin de elaborar el sistema de control de maquinaria, se realizó una investigación de trabajo de campo, así como una revisión de los controles que se llevaban anteriormente sobre la maquinaria y equipo utilizado en el proyecto; esto para conocer cuál era la información relevante, y cómo se podría establecer este control.

El control que se llevaba anteriormente sobre el equipo, a pesar de que permitía conocer las horas que teóricamente laboraba cada máquina, no era preciso y no permitía identificar las actividades en las que era utilizado el mismo; de tal modo que no era posible asignar costos de maquinaria a las actividades del proyecto individualmente y obteniendo costos generales de maquinaria, convirtiendo este sistema en poco efectivo, ya que no era un control detallado ni preciso. El sistema que se utilizaba mostraba solamente la cantidad de horas de operación diarias del equipo y el consumo de diesel diario por empresa proveedora de maquinaria. En los otros proyectos de la empresa, generalmente este control es suficiente, para fines de controlar los costos, ya que al ser rellenos sanitarios en operación, las actividades que se desarrollan son diferentes, y los costos de operación contemplan, de manera muy detallada, los insumos de la maquinaria y el equipo utilizado.

Por las razones mencionadas, se inició llevando durante un tiempo el control ya establecido de manera personalizada y muy detallada, con el fin de ir identificando qué tipo de mejoras se podrían establecer, de manera tal, que el control a implementar pudiese ser sencillo, pero que, a la vez, brindase la información más importante para llevar un control detallado del equipo en el proyecto; y que esta información, además, pudiese ser interpretada de manera rápida y fácil, pudiéndose tomar decisiones en caso de ser necesario.

### **Cantidad de operación**

El primer punto importante que se estableció para el sistema de control, y por razones de unidad de cobro para el equipo, fue la cantidad de operación por máquina. Se estableció que era indispensable llevar el control del tiempo efectivo de operación de la maquinaria en el proyecto, ya que, a pesar de que en su mayoría las máquinas de construcción poseen horímetros, en muchas ocasiones estos equipos no se encuentran en buenas condiciones; en consecuencia, las horas de operación reales no concuerdan con las horas de la máquina, lo que permite realizar cobros por horas de alquiler mayores a las reales. Además, en algunas ocasiones se presentaban tiempos durante el día en que el equipo se encontraba apagado, como sucedía durante las recargas de combustible, así como horas de almuerzo y café.

De esta manera, el poder llevar un control preciso de las horas de operación por equipo era uno de los puntos más importantes para el control de los costos de la maquinaria, además del alto costo por hora que tiene el equipo utilizado en el proyecto.

Con el fin de llevar este control detallado, se realizó la práctica de llevar un control del tiempo de la maquinaria del proyecto, observando de manera detallada en qué momentos la maquinaria dejaba de operar, así como las horas de operación y luego comparándolas con los tiempos de operación según los horímetros de la maquinaria.

### **Asignación de horas de operación**

Como parte del alcance que se pretendía obtener del sistema de control, se encontraba la asignación de los tiempos de trabajo a las diferentes actividades del proyecto, con el fin de poder obtener, de manera precisa, los diferentes costos asignados a las actividades desarrolladas.

Para esto se detallaron los tiempos laborados por actividad, de manera que al final del día se pudiese conocer su distribución del total de horas laboradas.

Con el fin de establecer un control más detallado y de manera cruzada, también se llevó un control del horímetro de cada uno de los equipos, de manera diaria, desde bodega, con un sistema de boletas de maquinaria (Anexo 1).

Gracias a la disponibilidad de radios de comunicación en el proyecto, se acordó con los operadores de los diferentes equipos, el estar en constante comunicación, de manera que se conociese siempre qué tarea se estaba realizando y, así, poder conocer a qué actividad se le asignaría el tiempo empleado en la misma.

Para poder determinar de manera correcta a qué actividad se debería asignar una cantidad de tiempo empleado en una cierta tarea, se concluyó que el tiempo se asignaría a la actividad que se viese perjudicada en caso de no realizarse la misma; esto con el fin de evitar confusiones en cuanto a la asignación de tiempos.

## **Actividades**

Para asignar los costos de maquinaria en las tareas desarrolladas en el proyecto, se contemplaron las principales actividades en que se trabajó en el relleno, las cuales fueron:

- ✓ Sistema de recolección pluvial
- ✓ Sistema de recolección de lixiviados
- ✓ Operación de planta de tratamiento
- ✓ Áreas verdes
- ✓ Vías internas de acceso
- ✓ Rehabilitación de malla perimetral
- ✓ Trabajos en Relleno Los Pinos

Según las tareas que se realizasen, estas eran asignadas a alguna de las actividades mencionadas anteriormente, permitiendo con ello conocer el gasto en que se ha incurrido en el uso de maquinaria en cada actividad. Además de las actividades que se llevaban a cabo en el Relleno, se contempló el préstamo de maquinaria por horas, para realizar labores en el Relleno Los Pinos ubicado en Cartago también administrado por WPP Continental.

Con el fin de facilitar la escogencia de la actividad se realizó una matriz Tarea - Actividad (Figura 1) en la que se muestran algunas de las principales tareas que se pueden presentar en más de una de las actividades en que se trabaja en el proyecto.

TAREA \ ACTIVIDAD	Sistema Pluvial	Sistema de Lixiviados	Planta de Tratamiento	Áreas Verdes	Caminos Internos de Acceso	Malla Perimetral
Acarreo de Equipo	x	x	x			x
Acarreo de Lastre	x				x	
Acarreo de Materiales	x	x	x			x
Acomodo de Lastre					x	
Acomodo de Tierra	x			x		
Carga de Tierra	x	x		x		x
Confección de Concreto	x	x	x			x
Acarreo de Zacate				x		
Acarreo de Químicos			x			
Acarreo de Material p/ Malla						x

**Figura 1.** Matriz Tarea – Actividad de obras del Proyecto Obras de Post-Cierre Relleno Sanitario Río Azul.

### Maquinaria utilizada en el proyecto

Durante el periodo en que se trabajó en el sistema de control de maquinaria, en el proyecto se utilizó la siguiente maquinaria:

- ✓ Backhoe Terex 760B
- ✓ Excavadora Caterpillar 311C
- ✓ Excavadora Komatsu PC200
- ✓ Niveladora Caterpillar 135H
- ✓ Tractor Caterpillar D6C
- ✓ Tractor Komatsu D375A
- ✓ Vagoneta Mack R600
- ✓ Tanqueta Mack R600

Varios de los equipos fueron utilizados en diferentes actividades; por tanto el control es de gran importancia para conocer a qué actividad se debe cargar el costo de la maquinaria.

En la Figura 2, se muestran los costos de los equipos al momento de implementar el sistema.

Equipo	Costo / Hora (€)
Backhoe Terex 760B	16.000
Excavadora Caterpillar 311C	25.000
Excavadora Komatsu PC200	35.000
Niveladora Caterpillar 135H	35.000
Tractor Caterpillar D6C	35.000
Tractor Komatsu D375A	35.000
Vagoneta Mack R600	14.000
Tanqueta Mack R600	12.000

**Figura 2.** Costos de alquiler de maquinaria utilizada en el proyecto Obras de Post Cierre.

El equipo más utilizado en el proyecto, por costo y versatilidad era el Backhoe, el cual se utilizaba para todas las actividades del proyecto.

### **Combustible**

Como parte del alcance del control de maquinaria, era necesario llevar un estricto control del diesel suministrado por WPP Continental a los proveedores de maquinaria. Esto se consideró en la elaboración del sistema de control de maquinaria, de manera que se pudiese llevar un inventario de las existencias de diesel en bodega, así como del combustible entregado, tanto a la maquinaria de la empresa, como a la maquinaria alquilada.

Además, se consideró que al llevar este control estricto del diesel suministrado y de las horas laboradas, sería posible calcular el rendimiento de los diferentes equipos en h/l (horas/litro de consumo).

El control del diesel se continuó llevando de la misma manera que estaba establecida en campo, asignando el consumo del mismo por equipo o maquinaria, haciendo esto desde bodega, y por medio de boletas de control de diesel, en las cuales se detalla el equipo, el operario del mismo, fecha, cantidad y la persona responsable de la entrega (Anexo 2).

## **Sistema de control de mano de obra**

Para iniciar con el control de mano de obra, la primera decisión que se tomó fue la escogencia del tipo de control a implementar, determinando si este sería personal o por cuadrilla de trabajo, ya que dependiendo de esto, así de detallado y complicado podría ser el control. Por esta razón se decidió que el sistema que se implementaría sería un control basado en cuadrillas de trabajo.

### **Actividades**

Tomando en cuenta que los proyectos de infraestructura tienen la característica de poseer relativamente pocas actividades, y que el principal interés de la empresa es poder conocer los costos por actividad en el relleno, se decidió implementar un sistema que contemplase todas las actividades que se estaban desarrollando en el proyecto. Esto, de modo que se tuviese acceso a información de la cantidad de horas que cada cuadrilla trabajase en cada actividad por día.

### **Recopilación de la información**

Se decidió llevar un control diario del personal por cuadrilla; que estas estuvieran conformadas por un máximo de 6 colaboradores entre operarios y peones. Con el fin de llevar dicho control, se implementó un sistema de tiquetes de trabajo, en los cuales se recopilaba la información diaria de las horas laboradas por la cuadrilla en las diferentes actividades durante el día.

Dicho control se llevó de manera personalizada, de modo que al menos durante 4 veces al día se verificase en qué labores se encontraba cada cuadrilla; esto permitió conocer siempre de manera muy precisa, la cantidad de horas invertidas en la tarea o actividad.

Como el control se decidió llevar por cuadrilla, un aspecto importante por considerar a diario era la conformación de las cuadrillas, las cuales en muchas ocasiones estaban conformadas de manera diferente en cuanto al número de colaboradores, ya que en algunas ocasiones, por fuerza mayor, las cuadrillas eran cambiantes de un día a otro.

Los Tiquetes de Trabajo se realizaron de manera tal que se pudiese recopilar toda la información de la cuadrilla de manera semanal.

**Tiquetes de trabajo**

Los tiquetes de trabajo contemplaban las seis diferentes actividades que se desarrollaban en el proyecto, así como la cantidad de operarios y peones que conformaban la cuadrilla cada día. Además, como se observa en la Figura 3, permitían conocer si las horas laboradas correspondían a horas de pago ordinario, horas extra, u horas de pago doble, así como la hora de inicio y final de cada actividad.

Actividades	Día		Total de Horas	Número de Operarios		
	Hora Inicio	Hora Finalización		Ordinaria	Extras	Doble
Áreas Verdes						
Caminos						
Sistema Pluvial						
Drenajes De Lixiviados						
Planta de Tratamiento						
Malla Perimetral						

**Figura 3.** Tiquete de trabajo diario por cuadrilla.

Los tiquetes de trabajo fueron programados en una hoja electrónica de Microsoft Excel 2007, utilizando este instrumento, a partir de la información de cantidad de horas laboradas, y de la cantidad de trabajadores, se brindaba la información mensual de la cuadrilla, en cuanto a cantidad total de horas laboradas por actividad y según el tipo de pago, además del costo de mano de obra de la cuadrilla.

A partir de la información mensual de todas las cuadrillas de trabajo, se obtenía la información mensual de mano de obra del proyecto en una tabla resumen mensual; esta mostraba la distribución porcentual que tuvo la mano de obra del proyecto durante el mes así como el costo sin cargas sociales.

## **Verificación de la calidad de las obras**

### **Verificaciones de campo**

Con el fin de lograr en el proyecto obras de calidad que cumplieran con los parámetros establecidos, se realizaron verificaciones de campo de todas las obras, además de la verificación de los procesos constructivos y de la calidad de los materiales, según lo establecido en las especificaciones técnicas respectivas.

Dichas verificaciones y revisiones de campo se realizaron en compañía del ingeniero del proyecto MAP. Ricardo Triana, por parte de WPP Continental, además de verificaciones de campo con el Ing. Jorge Boza Quesada, Director de proyectos del Ministerio de Salud, ente propietario del proyecto.

La calidad de todos los procesos de las obras fue siempre de importancia en el proyecto; por esto se contaba, en el mismo, con un maestro de obras a cargo de las diferentes cuadrillas, además de un operario calificado en cada cuadrilla, el cual se encargaba de todas aquellas tareas importantes; además de esto, se realizaban revisiones periódicas a las zonas de trabajo, así como revisiones previas a procesos importantes como chorreas de concreto, colado de cajas, colocación de geotextiles, colocación de bloques de Armoflex, colocación de tuberías de drenaje, entre otros.

A partir de las observaciones realizadas en campo en cuanto a obras de mantenimiento, se estableció una hoja de chequeo de campo para el proyecto; dicho chequeo comprendía los sistemas pluviales, lixiviados, planta de tratamiento, accesos internos y áreas verdes.

### **Calidad de los materiales**

Como parte de la verificación de la calidad de las obras, era de importancia la revisión de la calidad de los materiales solicitados a los diferentes proveedores, por lo que, a la llegada de los mismos al proyecto, estos eran revisados, tanto en la cantidad solicitada, como en la calidad especificada, de modo que las obras que se realizaban en el proyecto no se viesen afectadas por problemas con los mismos.

### **Control de materiales**

Con el fin de lograr un mejor control del proyecto, se estableció un control de los materiales utilizados en el mismo, de modo que se implementaron boletas de salida de materiales de bodega. A partir de las mismas se llevó un control sencillo con el programa Microsoft Excel 2007, con el fin de conocer el costo de las actividades.

Las boletas fueron llevadas por el encargado de bodega, y en las mismas se debía indicar la descripción, cantidad, y actividad en que fue utilizado, un detalle de las boletas utilizadas se puede observar en el Apéndice 1.

El control se llevó de manera semanal, debido a la particularidad del proyecto, en el que las salidas de material son muy pocas por día a diferencia de un proyecto de edificación.

## **Informes mensuales**

### **Maquinaria**

A partir de la información del control de maquinaria, y con el conocimiento de las obras que se realizaban en el proyecto en todo momento, se desarrollaron informes mensuales del uso de la maquinaria utilizada en el proyecto Obras de Post-Cierre, los cuales eran dirigidos a la Gerencia de Proyectos de la empresa.

Dichos informes consistieron en la descripción de las tareas en las que fue utilizada la maquinaria en el proyecto, así como la cantidad de horas totales de alquiler, y el consumo de diesel total por equipo. La información para elaborar cada informe fue tomada de los datos del control de maquinaria establecido, además se contaba con un respaldo fotográfico de las actividades descritas.

## **Labores realizadas**

Como una responsabilidad adicional, se elaboraron informes mensuales de labores desarrolladas en el proyecto con respecto a las obras de mantenimiento de los diferentes sistemas. Dichos informes formaban parte de las asignaciones solicitadas, por parte del Ministerio de Salud como propietario del proyecto, a la empresa WPP Continental como empresa contratada para la administración del relleno.

Los informes contemplaban todas las obras construidas, reparadas y demás actividades realizadas durante el mes contractual del proyecto, con sus respectivas explicaciones y fotografías ilustrativas, además de las diferentes zonas laboradas por semana en cada sistema.

Todo el contenido de dichos informes era información de campo, gracias al continuo conocimiento de las labores que se desarrollaban en el proyecto y las zonas que se estaban interviniendo.

## **Establecimiento de zonas de trabajo de mantenimiento mensual**

Debido a que la programación del proyecto consiste principalmente en obras de mantenimiento (Anexo 3), las actividades son actividades paralelas que se desarrollan a lo largo del tiempo del contrato; por esto se estableció que de manera mensual era necesario realizar todos los trabajos requeridos en todo el área del proyecto, con el fin de que en todo momento, todos los sistemas se encontraran en perfectas condiciones de funcionamiento.

Se procedió de manera que al final de cada mes contractual, desde que inició el proyecto, se hubiesen reparado todos aquellos canales pluviales con problemas detectados, que las áreas verdes se encontrasen limpias y con el césped cortado, el sistema de lixiviados en funcionamiento, con todos sus respectivos pozos de registro limpios y sin ninguna clase de obstáculo, todos los caminos de acceso en buenas condiciones de funcionamiento sin y zonas de acumulación de aguas.

Se establecieron zonas de trabajo semanales, de modo que se abarcase toda el área que conforma el proyecto. Para esto se inició la observación del avance diario de las tareas que correspondían a las actividades a realizar como:

- Reparación de canales en Armoflex
- Limpieza de cajas de registro pluvial
- Construcción de cajas de registro pluvial
- Limpieza de tuberías de conducción de lixiviados
- Limpieza de canales pluviales en Armoflex
- Construcción de canales en Armoflex
- Reparación de fugas de lixiviados
- Construcción de drenajes
- Limpieza de canales pluviales en zacate
- Limpieza de pozos de registro de lixiviados
- Construcción de pozos de registro de lixiviados
- Reparación de taludes
- Reparación de vías internas de acceso

Las observaciones de los avances recolectadas para estas actividades, se realizaron al cumplirse las ocho horas ordinarias de trabajo; se obtuvieron rendimientos diarios en jornada ordinaria; esto, a petición de la empresa. No se tomó en consideración la condición climática del día, ya que en el proyecto no se trabaja en condiciones de lluvia, de modo que el rendimiento no se podría ver afectado por esta condición a diferencia de otros proyectos de construcción.

A partir de la información recolectada se establecieron áreas de trabajo para las diferentes actividades, de modo que se lograra cubrir toda el área del proyecto en cuanto a mantenimiento.

Estas áreas de trabajo establecidas se representaron de manera gráfica, en láminas de distribución del proyecto, utilizando el programa Auto CAD; con el mismo programa se obtuvieron las áreas en planta de las diferentes zonas con el fin de lograr una distribución semanal de áreas de trabajo, para la actividad de áreas verdes.

## **RESULTADOS**

### **Control de maquinaria y equipo**

A partir del Sistema de Control de Maquinaria y Equipo aplicado en el proyecto, se obtuvieron tablas-resumen de la información de relevancia, como cantidad de horas de operación, consumo de diesel, y una tabla resumen principal que consideraba el costo del equipo, el proveedor, la cantidad de operación; también el rendimiento de los equipos en litros de diesel consumidos por horas de operación.

### **Control diario de operación por equipo**

Las tablas del control diario que se llevaron en el proyecto muestran, para cada equipo utilizado, la cantidad de horas de operación, así como la distribución de las mismas en las diferentes actividades que conforman el proyecto. También se muestra en porcentaje la distribución del uso de la maquinaria durante el mes de trabajo, tal y como se muestra en las Figuras 4 y 5, correspondientes a un Back-Hoe y una excavadora, respectivamente.

Las tablas de control diario, también permitieron conocer el avance del horímetro de cada equipo; además cuentan con un espacio de observaciones en caso de ser necesarias, de manera que se puede detallar más a fondo la tarea, o realizar observaciones de pagos mínimos.

### **Tabla resumen de horas de operación**

Como se observa en la Figura 6, la tabla resumen de horas de operación muestra la cantidad total de horas durante las cuales fue utilizado el equipo en el curso del mes contractual por empresa proveedora, además del costo por hora del mismo y el costo total mensual por el alquiler de cada equipo para el proyecto, así como el total de dinero gastado por alquileres de equipo durante el mes.

### **Tabla resumen de diesel a rebajar**

En esta tabla, correspondiente a la Figura 7, se muestra un resumen del diesel consumido por equipo durante el mes contractual en litros, así como el monto en colones asignado al consumo de diesel, tanto por equipo como por el proveedor.

Además se muestra la cantidad de diesel disponible en bodega a la fecha de corte, así como las entradas de diesel, para maquinaria y equipo, a bodega, por fecha de compra, estación de servicio y precio por litro de combustible.

### **Tabla resumen de maquinaria por proveedor**

La tabla resumen de maquinaria muestra la información conjunta de horas de operación y diesel (Figura 8); para cada equipo se da una descripción del mismo, placa, proveedor, costo de hora de alquiler, costo total mensual por operación, diesel consumido y rendimiento.

CONTROL DE MAQUINARIA OBRAS DE POST-CIERRE MES DE SETIEMBRE - OCTUBRE 2010													
PROVEEDOR: EPRESA		TIPO DE MAQUINARIA: BACK HOE			PLACA: BH-02								
FECHA	BOLETAS	6 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS							TOTALES	OBSERVACIONES	Horimetro Inicial	Horimetro final	Total
		MANTENIMIENTO SISTEMA PLUVIAL	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE LIXIVIADOS	OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	REHABILITACIÓN DE LA MALLA PERIMETRAL	MANTENIMIENTO DE AREAS VERDES	MANTENIMIENTO DE VIAS INTERNAS DE ACCESO	TRABAJO EN CARTAGO					
		6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	7,0					
15-sep-2010									0,00				0
16-sep-2010	14122	4,00			3,00				7,00	Malla Perimetral / Limpieza Canal	962	969	7
17-sep-2010	14124							9,00	9,00	Limpieza de Caminos	969	978	9
18-sep-2010	14127					2,00			2,00	Trabajos en Taludes	978	980	2
19-sep-2010									0,00				0
20-sep-2010	14130							7,50	7,50	Trabajos en Caminos Internos	980	987,5	7,5
21-sep-2010	14133							6,50	6,50	Trabajos en Caminos Internos	987,5	994	6,5
22-sep-2010	14136							7,00	7,00	Trabajos en Caminos Internos	994	1001	7
23-sep-2010	14140				1,50			4,50	6,00	Trabajos en Caminos / Acarreo Materiales	1001	1007	6
24-sep-2010	14144							7,00	7,00	Carga de Lastre	1007	1014	7
25-sep-2010	14148							5,00	5,00	Carga de Lastre	1014	1019	5
26-sep-2010									0,00				0
27-sep-2010	14152				2,50			2,50	5,00	Carga de Lastre/Confección y Carga Concreto	1019	1024	5
28-sep-2010	14156			0,50	4,50				5,00	Traslado de Químicos	1024	1029	5
29-sep-2010	14160	2,00							2,00	Limpieza de Canales	1029	1031	2
30-sep-2010	14164							8,00	8,00	Carga de lastre y Tierra	1031	1039	8
1-oct-2010	14168							7,00	7,00	Carga de Lastre	1039	1046	7
2-oct-2010	14172							4,00	4,00	Carga de Lastre	1046	1050	4
3-oct-2010									0,00				0
4-oct-2010	14176	3,00						3,00	6,00	Limpieza Canal/Limpieza Caminos	1050	1056	6
5-oct-2010	14181				2,50			2,50	5,00	Limpieza de Caminos/Confección Concreto	1056	1061	5
6-oct-2010	14186				3,00			3,00	6,00	Limpieza de Caminos/Confección Concreto	1061	1067	6
7-oct-2010	14190	4,00			1,00				5,00	Confección Concreto	1067	1072	5
8-oct-2010	14193				4,00				4,00	Confección Concreto	1072	1076	4
9-oct-2010	14195				1,00				1,00		1076	1077	1
10-oct-2010									0,00				0
11-oct-2010	14198	4,00						2,00	6,00	Confección Concreto/Acarreo Lastre	1077	1083	6
12-oct-2010	14201	3,00						3,00	6,00	Acarreo de Lastre/ Confección de Concreto	1083	1089	6
13-oct-2010	14204	2,00						2,00	4,00	Limpieza de Caminos/Confección Concreto	1089	1093	4
14-oct-2010	14207	2,50		0,50				3,00	6,00	Confección Concreto, limpieza de caminos, químicos	1093	1099	6
<b>SUBTOTALES</b>		<b>24,50</b>	<b>0,00</b>	<b>1,00</b>	<b>23,00</b>	<b>2,00</b>		<b>86,50</b>	<b>0,00</b>	<b>137,00</b>			<b>137</b>
<b>PORCENTAJES</b>		<b>17,88%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,73%</b>	<b>16,79%</b>	<b>1,46%</b>		<b>63,14%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100,00%</b>			

Figura 4. Tabla mensual de horas de operación de un Back-Hoe utilizado en el proyecto (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010).

CONTROL DE MAQUINARIA OBRAS DE POST-CIERRE MES DE SETIEMBRE - OCTUBRE 2010													
PROVEEDOR: EDUARDO GÓMEZ		TIPO DE MAQUINARIA: EXCAVADORA			PLACA: CAT-311								
FECHA	BOLETAS	6 SERVICIOS COMPLEMENTARIOS							TOTALES	OBSERVACIONES	Horímetro Inicial	Horímetro Final	Total
		MANTENIMIENTO SISTEMA PLUVIAL	MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE LIXIVIADOS	OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	REHABILITACIÓN DE LA MALLA PERIMETRAL	MANTENIMIENTO DE AREAS VERDES	MANTENIMIENTO DE VIAS INTERNAS DE ACCESO	TRABAJO EN CARTAGO					
		6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	7,0					
15-sep-2010									0,00				0
16-sep-2010									0,00				0
17-sep-2010									0,00				0
18-sep-2010									0,00				0
19-sep-2010									0,00				0
20-sep-2010									0,00				0
21-sep-2010									0,00				0
22-sep-2010									0,00				0
23-sep-2010									0,00				0
24-sep-2010									0,00				0
25-sep-2010									0,00				0
26-sep-2010									0,00				0
27-sep-2010									0,00				0
28-sep-2010									0,00				0
29-sep-2010									0,00				0
30-sep-2010									0,00				0
1-oct-2010									0,00				0
2-oct-2010									0,00				0
3-oct-2010									0,00				0
4-oct-2010	14179	9,75							9,75	Acomodo Tierra en Celda	5056,5	5067	10,5
5-oct-2010	14183	10,00							10,00	Acomodo Tierra en Celda	5067	5077	10
6-oct-2010	14888	10,20							10,20	Acomodo Tierra en Celda	5077	5088,4	11,4
7-oct-2010	14191	11,00							11,00	Acomodo Tierra en Celda	5088,4	5099,9	11,5
8-oct-2010	451	9,25							9,25	Acomodo Tierra en Celda	5099,9	5109,9	10
9-oct-2010	452	7,50							7,50	Acomodo Tierra en Celda	5109,9	5118,1	8,2
10-oct-2010									0,00				0
11-oct-2010	453	11,25							11,25	Acomodo Tierra en Celda	5118,1	5129,7	11,6
12-oct-2010	455	10,00							10,00	Acomodo Tierra en Celda	5129,7	5140	10,3
13-oct-2010	456	10,25							10,25	Acomodo Tierra en Celda	5140	5150,7	10,7
14-oct-2010	457	9,50							9,50	Acomodo Tierra en Celda	5150,7	5161	10,3
<b>SUBTOTALES</b>		<b>98,70</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>98,70</b>				<b>104,5</b>
<b>PORCENTAJES</b>		<b>100,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>100,00%</b>				

Figura 5. Tabla mensual de horas de operación de la excavadora utilizada en el proyecto (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010).

 <b>PROYECTO: OBRAS DE POST CIERRE EN EL RELLENO SANITARIO RIO AZUL</b>					
<b>TABLA RESUMEN DE HORAS DE OPERACIÓN</b>					
PROVEEDOR	Descripción	Cantidad de Operación	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
<b>EPRESA</b>	Vagoneta 132333	70,95	hora	€14.000,00	€993.300,00
	Back Hoe BH-02	137,00	hora	€16.000,00	€2.192.000,00
	Tractor TR -05	35,50	hora	€35.000,00	€1.242.500,00
	Tractor TR -01	11,00	hora	€35.000,00	€385.000,00
Total EPRESA					<b>€4.812.800,00</b>
<b>WPP CONTINENTAL DE COSTA RICA S.A.</b>	Pick up 192980	1.270,00	km	NA	
	Pick-up 192787	464,00	km	NA	
Total WPP Continental					<b>€0,00</b>
<b>EDUARDO GÓMEZ</b>	Excavadora CAT-311	98,70	hora	€25.000,00	€2.467.500,00
Total EDUARDO GÓMEZ			hora	NA	<b>€2.467.500,00</b>
<b>TOTAL GASTADO</b>					<b>7.280.300,00</b>

**Figura 6.** Tabla resumen mensual de horas de operación (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010).

**TABLA RESUMEN DE ENTRADAS DE DIESEL (MES DE SETIEMBRE - OCTUBRE DEL 2010)**

No. Factura	Fecha	Descripción	Entrada	Unidad	Unitario	Total
		Saldo proveniente al 15 de Agosto- 14 Setiembre	1.034,0	litro	₡ 475,00	₡ 491.150,00
943280	25-sep-10	Servicentro San Antonio	1.000,0	litro	₡ 488,00	₡ 488.000,00
945611	7-oct-10	Servicentro San Antonio	1.600,0	litro	₡ 488,00	₡ 780.800,00
				litro		₡ -
		<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>3.634,0</b>	<b>litro</b>	<b>NA</b>	<b>₡ 1.759.950,00</b>

**TABLA RESUMEN DE DIESEL A REBAJAR POR PROVEEDOR**

PROVEEDOR	Descripción	Litros Entregados	Unidad	Unitario	Total a descontar
Epresa	Vagoneta 132333	538,00	litro	NA	₡ 259.944,00
	Back Hoe BH-02	551,00	litro	NA	₡ 267.406,00
	Tractor TR-05	400,00	litro	NA	₡ 192.600,00
	Tractor TR-01	0,00	litro	NA	₡ -
Epresa		1.489,00	litro	NA	₡ 719.950,00
WPP Continental	Pick-up 192980	248,00	litro	NA	₡ 121.024,00
	Pick-up 192787	83,00	litro	NA	₡ 40.140,00
WPP Continental		331,00	litro	NA	₡ 161.164,00
Eduardo Gómez	Excavadora Cat 311	1.200,00	litro	NA	₡ 585.600,00
Eduardo Gómez		1.200,00	litro	NA	₡ 585.600,00
	<b>TOTAL GASTADO</b>	<b>3.020,0</b>			<b>₡ 1.466.714,00</b>
	<b>SALDO DISPONIBLE PARA EL 15 DE OCTUBRE</b>	<b>614,0</b>	<b>litro</b>	<b>NA</b>	<b>₡ 293.236,00</b>

Figura 7. Tabla resumen de diesel a rebajar (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010).



PROYECTO: OBRAS DE POST CIERRE EN EL RELLENO SANITARIO RIO AZUL

TABLA RESUMEN DE MAQUINARIA POR PROVEEDOR PARA RIO AZUL

PROVEEDOR	Descripción	Cantidad de Operación	Unidad	Precio Unitario	Precio Total	Diesel a Rebajar	Precio Neto	Litros	LTR/HR	Placa de Equipo	Empresa
WPP CONTINENTAL DE COSTA RICA	PICK UP MITSUBISHI 192980	1.270,00	hora			€121.024,00		248,00	5,12	CL192980	WPP CONTINENTAL
	PICK UP NISSAN 192787	464,00	hora			€40.140,00		83,00	15,05	CL192787	WPP CONTINENTAL
<b>TOTAL WPP CONTINENTAL</b>					<b>€0,00</b>	<b>€161.164,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>331,00</b>			
EPRESA	Vagoneta 132333	70,95	hora	14.000,00	€993.300,00	€259.944,00	€733.356,00	538,00	7,58	132333	EPRESA
	Back-Hoe BH-02	137,00	hora	16.000,00	€2.192.000,00	€267.406,00	€1.924.594,00	551,00	4,02	BH-02	EPRESA
	Tractor TR-05	35,50	hora	35.000,00	€1.242.500,00	€192.600,00	€1.049.900,00	400,00	11,27	TR-05	EPRESA
	Tractor TR-01	11,00	hora	35.000,00	€385.000,00	€0,00	€385.000,00	0,00	0,00	TR-01	EPRESA
<b>TOTAL EPRESA</b>					<b>€4.812.800,00</b>	<b>€719.950,00</b>	<b>€4.092.850,00</b>	<b>1.489,00</b>			
EDUARDO GÓMEZ	EXCAVADORA CAT 311	98,70	hora	25.000,00	2.467.500,00	€585.600,00	€1.881.900,00	1.200,00	12,16	CAT-311	EDUARDO GÓMEZ
<b>TOTAL EDUARDO GÓMEZ</b>					<b>€2.467.500,00</b>	<b>€585.600,00</b>	<b>€1.881.900,00</b>	<b>1.200,00</b>			
<b>TOTAL GASTADO</b>					<b>€7.280.300,00</b>	<b>€1.466.714,00</b>	<b>€5.974.750,00</b>	<b>3020,00</b>			

Figura 8. Tabla resumen de maquinaria por proveedor (15 setiembre 2010 – 14 octubre 2010).

## **Sistema de control de mano de obra**

A partir del sistema de control de mano de obra implementado en el proyecto a través de los tiquetes de trabajo diarios, se obtuvo una serie de tablas resumen en que se muestra la distribución de la mano de obra durante el mes de trabajo analizado.

### **Hoja de tiquetes de trabajo semanal**

La Figura 9 muestra la hoja de tiquetes de trabajo implementados en el proyecto con el fin de llevar un control de la mano de obra y la cantidad de horas invertidas en cada una de las actividades que se desarrollaron en el proyecto; este control era llevado de manera personal y diaria en el proyecto.

Cada tiquete de trabajo muestra las diferentes actividades desarrolladas en el proyecto, así como las horas totales diarias de trabajo en dicha actividad, y permite conocer la cantidad de horas que son pagadas como horas ordinarias y aquellas que son pagadas como horas extra o dobles según amerite.

Con base en la información recolectada con los tiquetes de trabajo se obtuvo una tabla resumen mensual por cuadrilla, la cual se presenta a continuación.

### **Tabla resumen mensual por cuadrilla**

La tabla resumen mensual por cuadrilla muestra la cantidad de horas-hombre diarias de la cuadrilla y el costo que estas representan para el proyecto; además permite conocer cuál fue la cantidad de horas-hombre invertidas en cada una de las actividades de manera mensual, tal y como se muestra en la Figura 10. Esta tabla permite conocer, de igual manera, la distribución total de las horas según el tipo de pago.

### **Tabla resumen mensual de mano de obra del proyecto**

Como se observa en la Figura 11, la tabla resumen mensual de mano de obra del proyecto, muestra el total de los costos por cuadrilla de trabajo, así como la distribución de los mismos por actividad. Además permite ver los porcentajes correspondientes a cada una de las actividades del total de la mano de obra utilizada durante el mes de trabajo.

En dicha tabla también se observa el costo implicado en cada una de las actividades, en el rubro de mano de obra, considerando solamente el costo directo por hora según el tipo de trabajador (peón, operario, guadañero, etc).

SEMANA DEL **4 DE OCTUBRE** AL **9 DE OCTUBRE**

Trabajadores: David Áviles Dias (operario)  
Mauricio Sanchez Marín

Jefferson Fuentes Marín  
Kelvin Marín Quirós

Lunes							1	3
Actividades	Hora Inicio	Hora Finalización	Total de Horas	Ordinaria	Extras	Doble		
Áreas Verdes	06:00	01:00	7	7	0	0		
Caminos								
Sistema Pluvial								
Drenajes De Lixiviados								
Planta de Tratamiento								
Malla Perimetral	01:00	05:00	4	1	3	0		
Miércoles							1	3
Actividades	Hora Inicio	Hora Finalización	Total de Horas	Ordinaria	Extras	Doble		
Áreas Verdes								
Caminos								
Sistema Pluvial								
Drenajes De Lixiviados								
Planta de Tratamiento								
Malla Perimetral	06:00	05:00	11	8	3	0		
Viernes							1	2
Actividades	Hora Inicio	Hora Finalización	Total de Horas	Ordinaria	Extras	Doble		
Áreas Verdes								
Caminos								
Sistema Pluvial	06:00	10:00	4	4	0	0		
Drenajes De Lixiviados								
Planta de Tratamiento								
Malla Perimetral	10:00	05:00	7	4	3	0		
Martes							1	3
Actividades	Hora Inicio	Hora Finalización	Total de Horas	Ordinaria	Extras	Doble		
Áreas Verdes								
Caminos								
Sistema Pluvial	06:00	09:00	3	3	0	0		
Drenajes De Lixiviados								
Planta de Tratamiento								
Malla Perimetral	09:00	05:00	8	5	3	0		
Jueves							1	2
Actividades	Hora Inicio	Hora Finalización	Total de Horas	Ordinaria	Extras	Doble		
Áreas Verdes								
Caminos								
Sistema Pluvial	06:00	05:00	11	8	3	0		
Drenajes De Lixiviados								
Planta de Tratamiento								
Malla Perimetral								
Sábado							1	2
Actividades	Hora Inicio	Hora Finalización	Total de Horas	Ordinaria	Extras	Doble		
Áreas Verdes	05:00	02:00	9	8	1	0		
Caminos								
Sistema Pluvial								
Drenajes De Lixiviados								
Planta de Tratamiento								
Malla Perimetral								

Figura 9. Hoja de tiquetes de trabajo semanal por cuadrilla (semana del 4 de octubre al 9 de octubre, 2010).

CUADRILLA	2	Total de Horas de Mano de Obra Por Cuadrilla (15 SETIEMBRE - 15 OCTUBRE)																																						
		Mantenimiento de Áreas Verdes						Mantenimiento de Caminos internos						Sistema Pluvial						Sistema de Lixiviados						Planta de Tratamiento						Malla Perimetral								
		Ordinarias		Extras		Dobles		Ordinarias		Extras		Dobles		Ordinarias		Extras		Dobles		Ordinarias		Extras		Dobles		Ordinarias		Extras		Dobles		Ordinarias		Extras		Dobles				
HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)	HORAS	COSTO (¢)					
De Lunes 13 a Sábado 18 de Setiembre	L	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	M	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	K	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	J	15	14.091,00	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	25	23.485,00	7,5	10.568,25	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	V	20	18.788,00	5	7.045,50	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	20	18.788,00	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
De Lunes 20 a Sábado 25 de Setiembre	L	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	M	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	K	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	16	15.994,00	2	2.998,88	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	J	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	16	15.994,00	2	2.998,88	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	V	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
De Lunes 27 a Sábado 02 de Octubre	L	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	M	9	8.996,63	3	4.498,31	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	7	6.997,38	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	K	48	44.770,00	3	4.197,19	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	J	9	8.394,38	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	39	36.375,63	12	16.788,75	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	V	20	18.788,00	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
De Lunes 3 a Sábado 9 de Octubre	L	28	26.584,25	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0				
	M	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	12	11.393,25	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	K	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0		
	J	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	24	23.188,00	9	13.043,25	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	V	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	12	11.594,00	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
De Lunes 11 a Sábado 16 de Octubre	L	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0			
	M	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	40	37.576,00	15	21.136,50	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	K	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	48	44.770,00	21	29.380,31	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	J	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	30	28.182,00	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	V	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	18	16.788,75	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
<b>Total</b>		<b>173,0</b>	<b>163.600,25</b>	<b>14,0</b>	<b>20.088,75</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>117,0</b>	<b>111.435,50</b>	<b>28,5</b>	<b>40.400,25</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>333,0</b>	<b>318.103,50</b>	<b>70,0</b>	<b>94.740,94</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>57,0</b>	<b>55.473,00</b>	<b>11,5</b>	<b>16.566,00</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>			

Figura 10. Tabla resumen mensual de mano de obra por cuadrilla 2 (15 setiembre – 14 octubre).



PROYECTO: OBRAS DE POST CIERRE EN EL RELLENO SANITARIO RIO AZUL

TABLA RESUMEN DE HORAS DE MANO DE OBRA POR ACTIVIDAD

15 SET-15 OCT	AREAS VERDES			CAMINOS DE ACCESO			SISTEMA PLUVIAL			SISTEMA DE LIXIVIADOS			PLANTA DE TRATAMIENTO			MALLA PERIMETRAL			TOTALES
	ORDINARIAS	EXTRAS	DOBLES	ORDINARIAS	EXTRAS	DOBLES	ORDINARIAS	EXTRAS	DOBLES	ORDINARIAS	EXTRAS	DOBLES	ORDINARIAS	EXTRAS	DOBLES	ORDINARIAS	EXTRAS	DOBLES	
<i>Cuadrilla 1</i>	€ 401.153	€ 108.439	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 8.505	€ 34.020	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 552.116
<i>Cuadrilla 2</i>	€ 163.600	€ 20.089	€ -	€ 111.436	€ 40.400	€ -	€ 318.104	€ 94.741	€ -	€ 55.473	€ 16.566	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 154.303	€ 85.449	€ -	€ 1.060.160
<i>Cuadrilla 3</i>	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 8.093	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 800.333	€ 228.634	€ -	€ 1.037.060
<i>Cuadrilla 4</i>	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 239.232	€ 74.520	€ -	€ 313.752
<i>Cuadrilla 5</i>	€ 24.280	€ 4.047	€ -	€ -	€ 8.093	€ -	€ 8.093	€ 2.698	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 100.716	€ 53.281	€ -	€ 39.567	€ 5.396	€ -	€ 246.170
<b>TOTAL</b>	€ 589.033	€ 132.574	€ -	€ 111.436	€ 48.494	€ -	€ 334.702	€ 139.552	€ -	€ 55.473	€ 16.566	€ -	€ 100.716	€ 53.281	€ -	€ 1.233.434	€ 393.999	€ -	€ 3.209.258
<b>PORCENTAJES</b>	18,35%	4,13%	0,00%	3,47%	1,51%	0,00%	10,43%	4,35%	0,00%	1,73%	0,52%	0,00%	3,14%	1,66%	0,00%	38,43%	12,28%	0,00%	100,00%
	<u>22,49%</u>			<u>4,98%</u>			<u>14,78%</u>			<u>2,24%</u>			<u>4,80%</u>			<u>50,71%</u>			<u>100,00%</u>

Figura 11. Tabla resumen mensual de mano de obra del Proyecto Obras de Post-Cierre.

## **Verificaciones de campo**

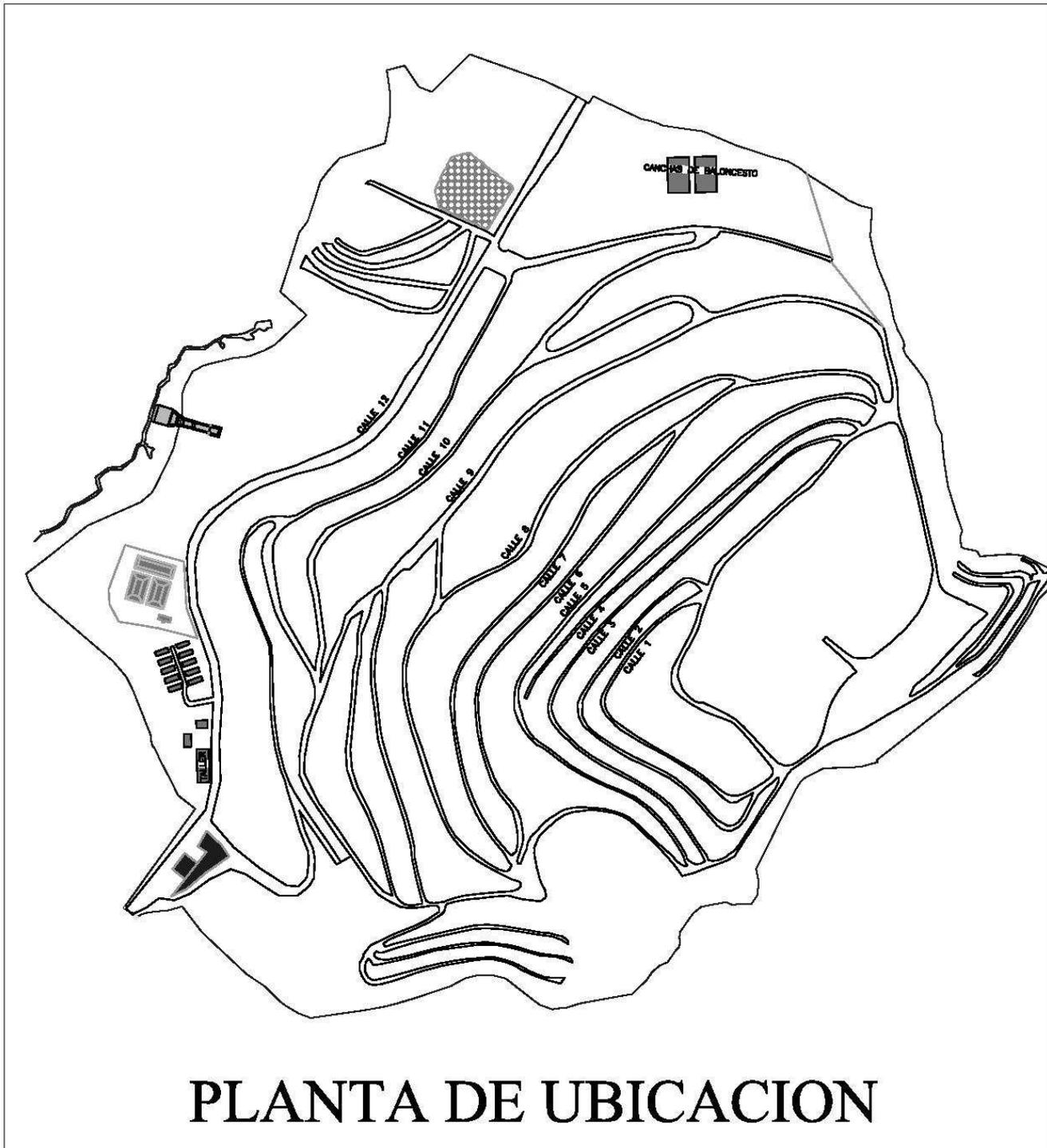
Las verificaciones de campo realizadas durante el periodo de práctica profesional, consistieron en la supervisión de la construcción de las obras de infraestructura que forman parte de los sistemas de lixiviados, sistema pluvial, y vías de acceso; también la rehabilitación de la malla perimetral del proyecto, tal como estaba planeado, realizando revisiones de la calidad de las obras, y cumpliendo con las fechas de entrega establecidas.

Como se observa en la Figura 12, otro resultado de las verificaciones de campo realizadas y de la experiencia adquirida en campo durante la práctica profesional, en cuanto al manejo de rellenos sanitarios, fue una hoja de inspección de mantenimiento del proyecto para la etapa de Post-Cierre del relleno sanitario. En dicha hoja se presentan las principales actividades realizadas durante el proyecto, así como las fallas o defectos más comunes e importantes a solventar, que puedan afectar el correcto funcionamiento de alguno de los sistemas construidos en el proyecto, así como el cumplimiento de los respectivos reglamentos de vertidos y rellenos sanitarios.

Esta hoja de inspección permite realizar las anotaciones necesarias para cada una de las actividades, y además hacer un señalamiento de los daños u observaciones importantes detectados en campo, en la planta de ubicación que se encuentra en la parte posterior de la misma (Figura 13).

		<b>Inspección de obras de mantenimiento</b>	
Responsable : _____		Fecha: _____ / ____ / ____	Condición lluviosa      Sí ( ) No ( )
<b>ACTIVIDAD</b>			
<b>Sistema de recolección pluvial</b>			
<b>Canales en zacate</b>	Obstruidos ( )    Zacate crecido ( )    Grietas ( ) Con asentamientos ( )    Buen Funcionamiento ( )	Sector:	
<b>Canales en Armoflex</b>	Obstruidos ( )    Armoflex deformado ( )    Infiltraciones ( ) Con asentamientos ( )    Buen funcionamiento ( )	Sector:	
<b>Cajas de registro</b>	Sucias ( )    Con obstrucciones ( ) Con agrietaminetos ( )    Mantenimiento ( )	Número de caja:	
<b>Cabzal de desfogue</b>	Buena condición de funcionamiento    Sí ( ) No ( )	Observaciones:	
Observaciones sistema pluvial: _____			
<b>Sistema de lixiviados</b>			
<b>Tuberías de conducción</b>	Con obstrucciones ( )    Colapsadas ( )	Sector:	
<b>Drenajes</b>	Salida de lixiviados ( )	Sector:	
<b>Pozo de registro</b>	Sucias ( )    Con obstrucciones ( ) Con agrietaminetos ( )    Mantenimiento ( )	Número de pozo:	
Observaciones sistema lixiviados _____			
<b>Planta de tratamiento</b>		<b>Vías de acceso</b>	
<b>Caudal</b>		<b>m<sup>3</sup>/día</b>	Acumulación de agua superficial( )    asentamientos ( )
<b>DQO</b>		<b>mgO<sub>2</sub>/l</b>	Agrietaminetos ( )    Aparición de lixiviados ( )
<b>DBO</b>		<b>mgO<sub>2</sub>/l</b>	
<b>Áreas verdes</b>			
Agrietamiento de taludes ( )    Dezlizamiento de cobertura ( )		Sector:	
Exposición de basura ( )    Zacate crecido ( )			
Observaciones áreas verdes: _____			

Figura 12. Hoja de inspección de obras de mantenimiento (parte frontal).



**Figura 13.** Hoja de inspección de obras de mantenimiento (parte posterior).

## **Informes de maquinaria y equipo utilizado**

En los informes de maquinaria realizados como parte de los objetivos planteados en el proyecto, se muestran las actividades realizadas por el equipo durante el mes contractual, así como las fechas de ingreso y salida de la maquinaria del proyecto Río Azul, y la cantidad de horas de operación utilizadas en labores dentro del relleno; además de un respaldo fotográfico del uso que se le dio al equipo.

En estos informes se detallan los consumos de combustible que tuvo cada uno de los equipos durante los días que se mantuvieron en operación, los casos en que por fallas mecánicas, o por condiciones climáticas, no realizaron labores, así como la zona en que fueron utilizados; se destaca también una breve justificación del uso del equipo en el proyecto, así como la actividad que más demandó el uso del mismo. En el Apéndice 2 se muestra el informe presentado para el periodo del 15 de setiembre al 15 de octubre del año 2010.

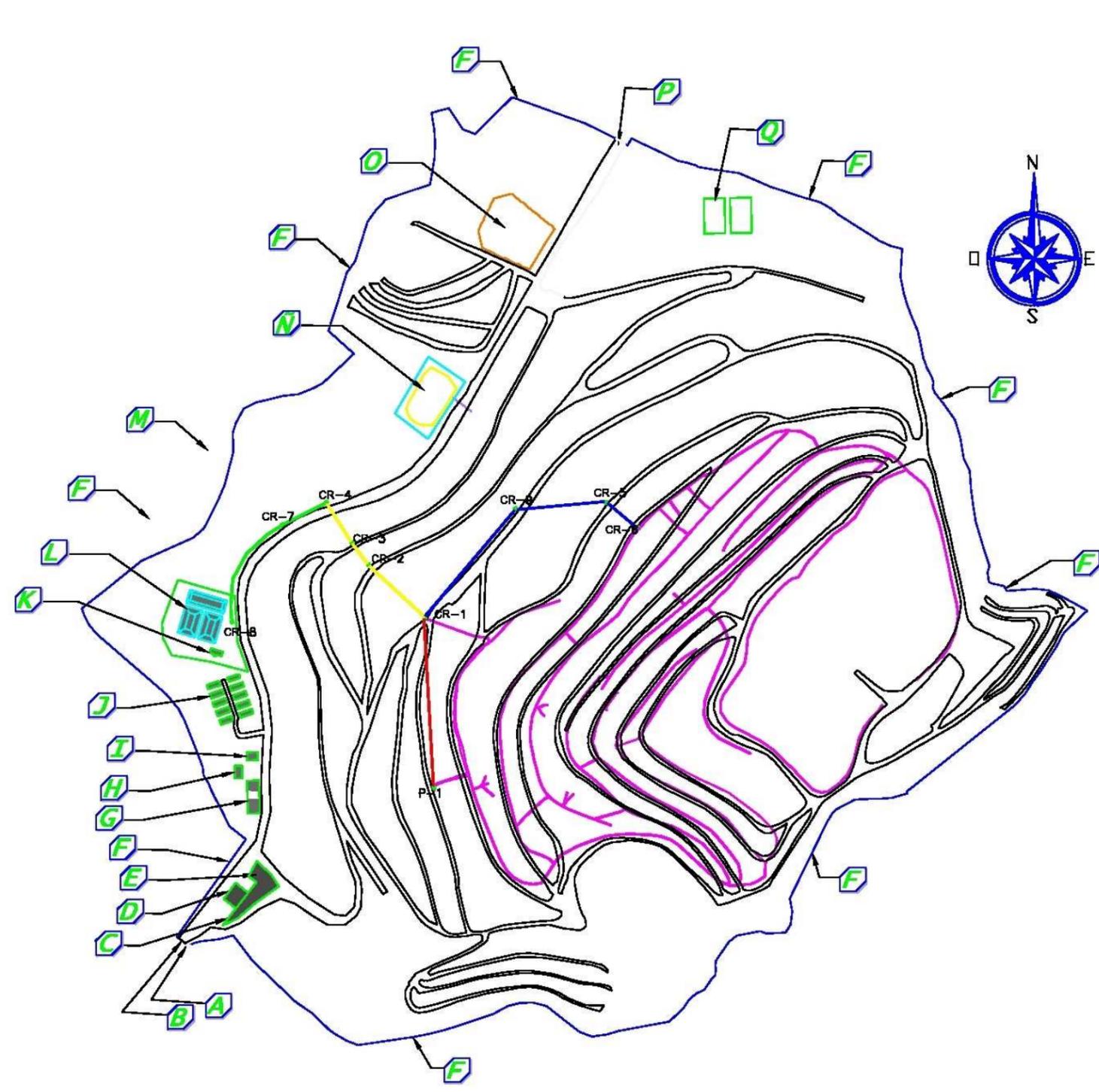
## **Establecimiento de zonas de trabajo de mantenimiento mensual**

La obtención de datos de rendimientos en algunas obras de mantenimiento, permitió realizar un cuadro resumen de rendimientos de mano de obra en labores de mantenimiento, tal y como se muestra en la Tabla 1, donde se puede observar el rendimiento obtenido para cada una de las actividades, así como la cantidad de peones, y la unidad de medida utilizada.

A partir de los rendimientos obtenidos para las obras de mantenimiento, se establecieron áreas de trabajo, de manera que se cumpliera con el mantenimiento de toda el área del proyecto en cada mes contractual; en las Figuras 14, 15 y 16 se observan, de manera gráfica, las zonas de trabajo para los sistemas de lixiviados, áreas verdes, pluvial y vías de acceso, respectivamente.

Las actividades mostradas corresponden solamente a las de mantenimiento para obras en rellenos sanitarios cerrados, las cuales son indispensables en este tipo de proyectos, para cumplir lo establecido en el Reglamento de Rellenos sanitarios.

<b>TABLA 1. RESUMEN DE RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN LABORES DE MANTENIMIENTO</b>				
<b>ítem</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Unidad</b>	<b>Horas</b>	<b>Cantidad de peones</b>
<b>SISTEMA PLUVIAL</b>				
1	Limpieza de canales en zacate	m	0,019	2
2	Limpieza de canales en Armoflex	m	0,014	2
3	Construcción de canales en Armoflex	m	0,258	6
4	Reparación de canales en Armoflex	m	0,50	5
5	Limpieza de cajas de registro pluvial	un	0,89	1
<b>SISTEMA DE LIXIVIADOS</b>				
7	Reparación de zonas con fugas de lixiviados	m <sup>2</sup>	0,53	7
8	Limpieza de pozos de registro de lixiviados	un	0,92	1
<b>ÁREAS VERDES</b>				
9	Reparación de taludes	m <sup>2</sup>	0,3	5
10	Corte de césped	m <sup>2</sup>	0,05	5
<b>LASTREO DE CAMINOS INTERNOS</b>				
11	Lastreo de vías internas de acceso	m	0,053	4



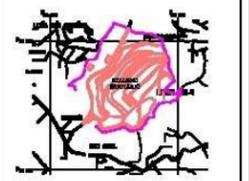
**GUIA DE SITIO**

Centro de seguridad	Lecho de suelo
Acceso Principal por Rio Azul (Porta Eléctrica)	Pretratamiento Químico
Oficina Administrativa	Planta de Tratamiento de Lixiviado
Siembra	Cubierta de Suelo Plástico
Oficina Administrativa	Quemador Chorro
Línea	Laguna
Washing y taller de reparación	Planta de tratamiento de Sludge
Baños de Bañeros	Acceso auxiliar de Troncos
Oficina administrativa ( 2 )	Canchales de Boleadoras

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	Longitud (m)
Green	Trabajos a realizar en semana 1	148.00
Yellow	Trabajos a realizar en semana 2	130.00
Blue	Trabajos a realizar en semana 3	238.00
Red	Trabajos a realizar en semana 4	151.00

CONTRATACION DIRECTA  
#2007 CD-0035-82100

MITIGACION DE EFECTOS  
INDESEABLES EN LA  
SALUD PUBLICA Y EL  
AMBIENTE EN EL  
RELLENO SANITARIO DE RIO  
AZUL.



UBICACION  
HOJA PATARRA  
N° 3445-I-2D  
ESCALA 1:20,000



FORN INFORMACION  
TEL: 011 2222-1111  
WWW.WPP.COM



PROYECTO:  
**RELLENO SANITARIO RIO AZUL.**

PROYECTO OF. CENTRO DE SAN. JOSE	OPERA DE LA LINDA DE GUAYAMA	SECTOR DE LOS PUEBLOS DE TRONCOS
--	------------------------------------	--

PROFESIONALES PARTICIPANTES

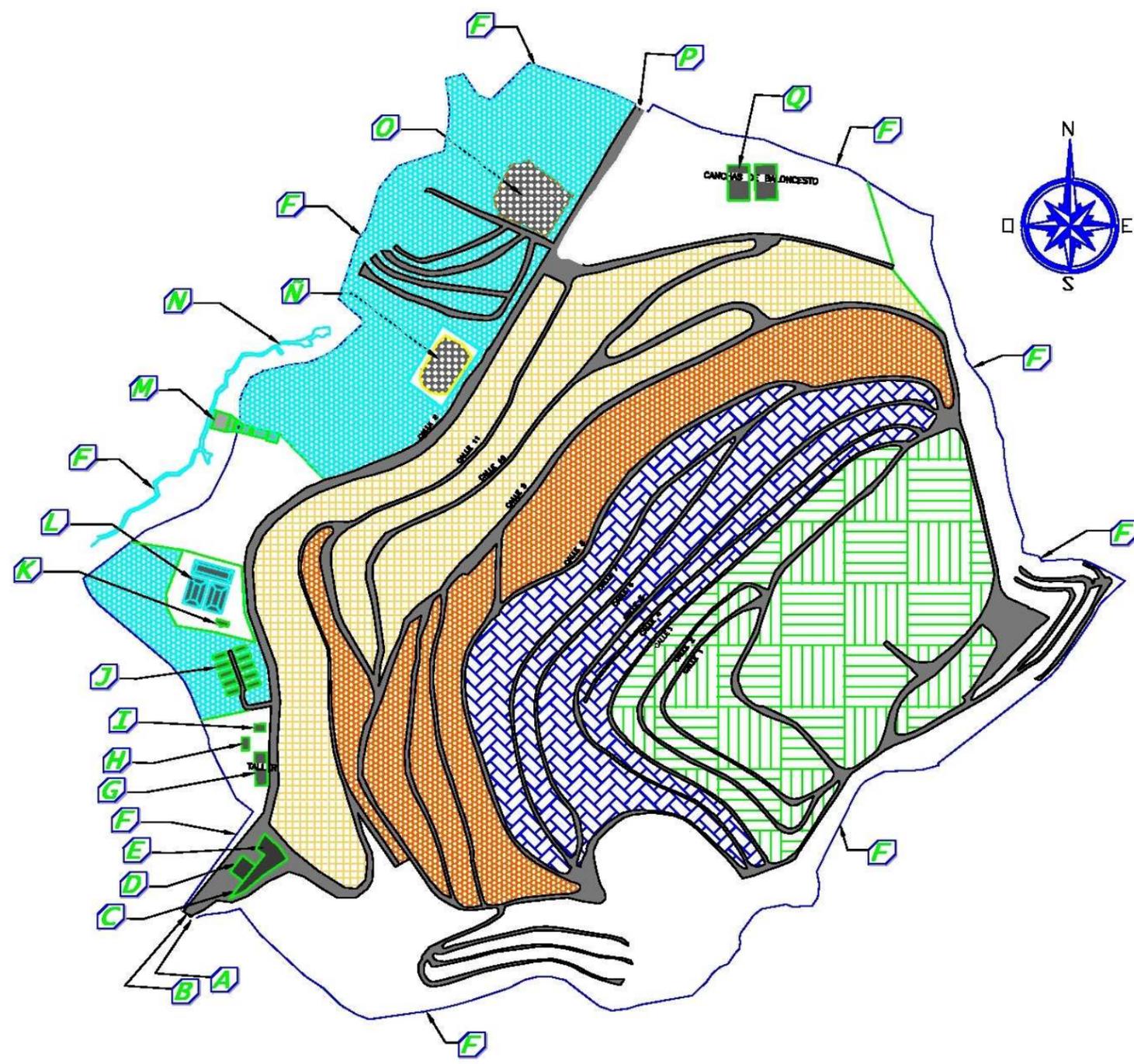
PERSONAL RESPONSABLE MESA Y MEDIO AMBIENTE

PERSONAL RESPONSABLE

PLANTA DE AREAS DE TRABAJO  
EN SISTEMA DE LIXIVIADOS

FECHA	FECHA	LADO
2007	2007	1/3

Figura 14. Áreas de trabajo mensual en sistema de lixiviados.



**GUIA DE SITIO**

✓ Casales de seguridad	✓ Leones de arena
✓ Areas Privadas por No. 1001 (Plan. Electrico)	✓ Prohibido de Góndolas
✓ Oficinas Administrativas	✓ Planta de Tratamiento de Líquidos
✓ Bases	✓ Canal de Desfogos Pluvial
✓ Oficinas Administrativas	✓ Cuadrado Churros
✓ Lavabo	✓ Logares
✓ Botiquín y Taller de Mecánica	✓ Planta de Tratamiento de Sludges
✓ Bases de Reservas	✓ Areas vedada de Tránsito
✓ Oficinas administrativas ( 2 )	✓ Centro de Bacterias

SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	AREA (m2)
[Green grid pattern]	Trabajos a realizar en semana 1	81170,80
[Blue diagonal lines]	Trabajos a realizar en semana 2	84807,71
[Orange diagonal lines]	Trabajos a realizar en semana 3	84969,88
[Yellow grid pattern]	Trabajos a realizar en semana 4	87742,83
[Cyan grid pattern]	Trabajos a realizar en semanas 2 y 3	87420,01

CONTRATACION DIRECTA  
#2007 CD-0035-62100

MITIGACION DE EFECTOS INDESEABLES EN LA SALUD PUBLICA Y EL AMBIENTE EN EL RELLENO SANITARIO DE RIO AZUL.



UBICACION  
HOJA PATARRA  
N° 3446-I-20  
ESCALA 1:20,000



WPP

**WPP**  
Lider en el manejo de los desechos

PROYECTO  
**RELLENO SANITARIO RIO AZUL.**

PROYECTO OF. SAN. JUC.	CHARGE OF. LA JARCA OF. DESARROLLO	OPERA OF. RIO AZUL OF. TUBERIA
---------------------------	--	--------------------------------------

PROFESIONALES PARTICIPANTES

PROYECTA, DISEÑA, MIDE Y ASESORA TODAS LAS OBRAS

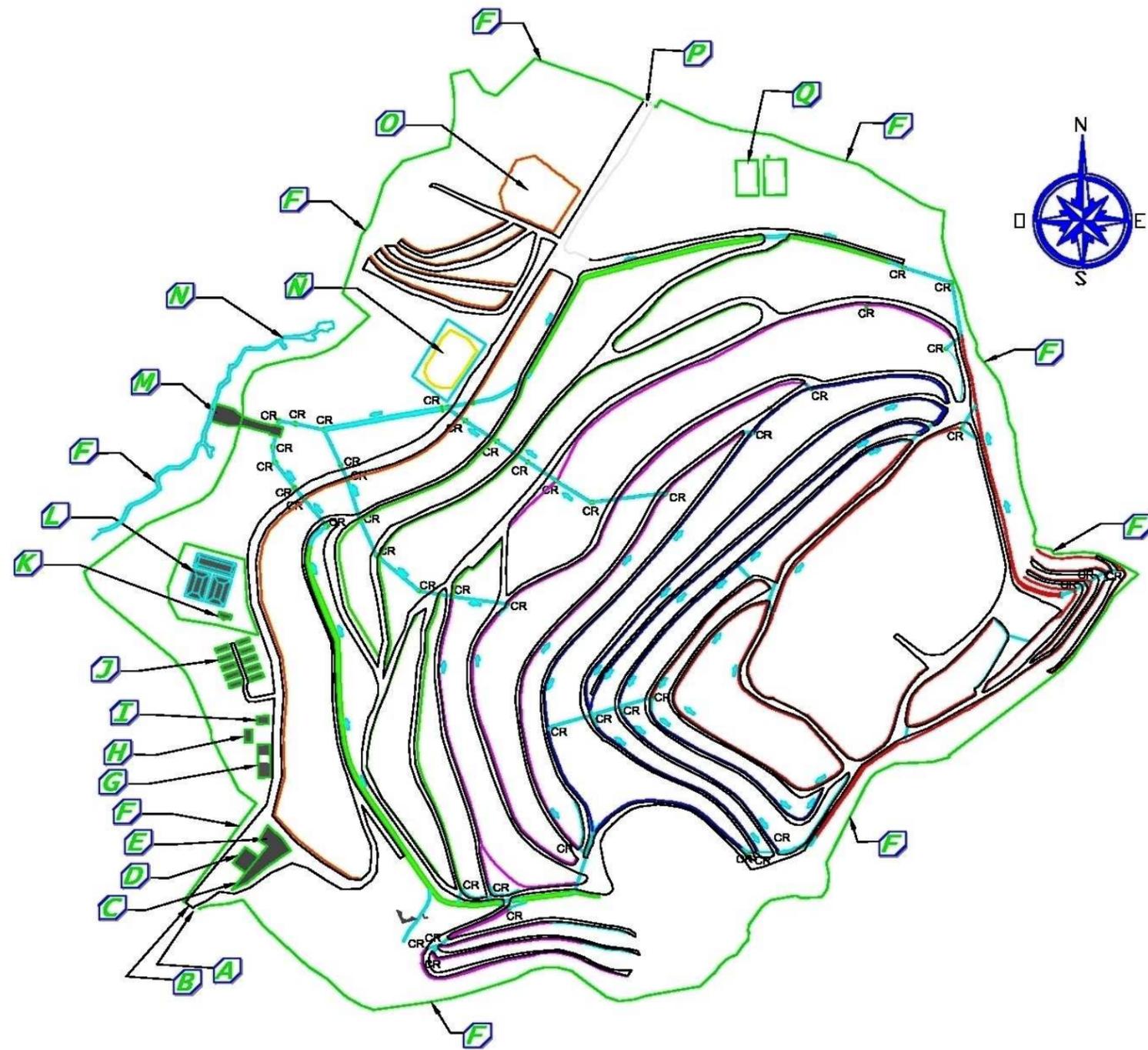
FECHA: \_\_\_\_\_

ELABORADO POR: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_

CONTENIDO  
**PLANTA DE AREAS DE TRABAJO EN ZONAS VERDES**

Figura 15. Áreas de trabajo mensual en áreas verdes.



**GUIA DE SITIO**

Desarrollo de seguridad	Leches de vacuno
Acceso Principal por Rio Azul (Carretera Chorrillos)	Procesamiento de residuos
Oficinas Administrativas	Punto de Tratamiento de Lixiviados
Almacén	Estación de Recogida Pluvial
Oficinas Administrativas	Canchales Chorrillos
Lineales	Lagunas
Reserva y taller de maquinaria	Planta de tratamiento de lixiviados
Edificios de Residuos	Área de control de Tránsito
Oficinas administrativas ( 2 )	Canchales de Bateria

SIMBOLOGÍA	DESCRIPCION	Longitud (m)
[Red Box]	Trabajos a realizar en semana 1	2834
[Blue Box]	Trabajos a realizar en semana 2	2740
[Pink Box]	Trabajos a realizar en semana 3	2812
[Green Box]	Trabajos a realizar en semana 4	2708
[Orange Box]	Trabajos a realizar en semana 3	1320

CONTRATACION DIRECTA  
#2007 CD-0035-62100

MITIGACION DE EFECTOS  
INDESEABLES EN LA  
SALUD PUBLICA Y EL  
AMBIENTE EN EL  
RELLENO SANITARIO DE RIO  
AZUL.

UBICACION  
HOJA PATARRA  
N° 3445-1-20  
ESCALA 1:20,000



WPP

**WPP**  
Lider en el manejo de los desechos

PROYECTO:  
**RELLENO SANITARIO RIO AZUL.**

FECHA DE CAMBIO DE DISEÑO	FECHA DE LA ÚLTIMA MODIFICACION	DIAS DE PROYECTO

PROFESIONALES PARTICIPANTES

PROYECTA: RESPONSABLE JUNTA Y JUNTA VECINA

FECHA: \_\_\_\_\_

LABORANTE RESPONSABLE

FECHA: \_\_\_\_\_

PLANTA DE AREAS DE TRABAJO EN SISTEMA PLUVIAL

FECHA	FECHA	LAVADO

Figura 16. Áreas de trabajo mensual en sistema pluvial y vías de acceso.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

### Control de maquinaria

Con el nuevo sistema de control de maquinaria implementado en el proyecto, se logró llevar con más detalle el control del equipo utilizado, lo que permitió conocer, de manera diaria el uso dado al equipo a partir del sexto mes contractual. Esto fue posible y se obtuvo al desarrollar un control más estricto y que se llevase día a día.

Por ejemplo, como se muestra en la Figura 4, para el caso específico del Back-Hoe se logró conocer cuál fue la distribución del uso que se le dio al mismo, en el periodo del 15 de setiembre al 14 de octubre; esto mostró que la actividad en la que se utilizó en mayor cantidad fue el mantenimiento de vías internas de acceso, seguida por la actividad denominada mantenimiento sistema pluvial y finalmente, rehabilitación de malla perimetral. La razón de esta distribución se debió a la colocación de 1000m<sup>3</sup> de lastre en caminos internos durante este periodo, al mantenimiento y limpieza de canales pluviales obstruidos por los deslizamientos; además se debió a la construcción de 600m lineales de malla perimetral al proyecto, la cual, como se observa en el Anexo 3, estaba programada para llevarse a cabo durante el sexto mes contractual del mismo.

Durante el mismo periodo se encontraba en operación una excavadora perteneciente al proveedor, Eduardo Gómez, tal como se muestra en la Figura 5, por la cual la empresa del señor Gómez facturó un total de 98,70 horas de operación; la misma fue utilizada para recuperación y limpieza de uno de los canales principales del proyecto, el cual se vio afectado por el deslizamiento de material del Cerro Asilo.

Dicha excavadora, en su tabla mensual de horas de operación (Figura 4) muestra que la cantidad total de operación, según el horímetro del equipo, fue de 104,5 horas, lo que difiere del control establecido para el proyecto, el cual sumó un total de 98,7 horas; esto, debido al riguroso control implementado luego de observar, en algunas ocasiones, que el operador no apagó el equipo durante las horas de café y almuerzo, razón por la cual no se utilizó el horímetro para contabilizar las horas de alquiler de excavadora.

Con el sistema implementado, se llevó un control más preciso del tiempo en que la máquina se encontraba en operación; se logró con ello resultados positivos que mostraron una diferencia de 5,8 horas entre el marcador del equipo y el control que se llevó, lo que corresponde a una diferencia de hasta ¢145.000 en el costo del alquiler de la excavadora; sin embargo fue necesaria la presencia de un chequeador de maquinaria durante los días de trabajo del equipo, asumiendo el costo que esto implicó.

En la Figura 6, correspondiente a la Tabla Resumen Mensual de Horas de Operación, se muestra la información del Backhoe, y de la Excavadora, así como del resto de la maquinaria utilizada durante el mismo periodo de tiempo. La información se encuentra agrupada por empresa y muestra los costos de cada equipo por hora y el costo total de la maquinaria por proveedor. De esta forma, se observa que la empresa EPRESA mantuvo en el proyecto, además del Back-hoe, una vagoneta y dos tractores, la empresa facturó un total de ¢4.812.800 por concepto de alquiler de equipo para el proyecto. Este dato se puede comparar con la cifra obtenida por el proveedor Eduardo Gómez, ya que el monto cancelado solamente por concepto de alquiler de excavadora, ascendió a ¢2.467.500.

Con la información analizada anteriormente se pudo comprobar que dicha tabla sirve de herramienta para conocer la inversión mensual total en equipos y facilita el control de los costos del proyecto, ya que brinda información actualizada de los insumos en cuanto a la maquinaria utilizada.

Otro aspecto importante en el control del uso de maquinaria, corresponde al consumo de combustibles por parte de la maquinaria pesada. Con el sistema implementado, se logró llevar un control muy detallado de la cantidad de diesel entregado en el proyecto a los operadores de maquinaria, de modo que este luego pudiera ser descontado de los montos de las facturas de alquiler de maquinaria de cada proveedor, según correspondiera.

Como se observa en la Figura 7, el sistema implementado permitió conocer cuántos litros de diesel fueron entregados a cada uno de los equipos del proyecto, así como el monto en colones correspondiente. En dicha tabla se observa cómo la Vagoneta placa número 13233 de la empresa EPRESA, recibió, de WPP Continental, un total de 538 litros de diesel para las labores realizadas dentro de relleno de Río Azul, con un costo total de ¢259.944; estos luego le fueron descontados a la factura presentada por el alquiler del equipo.

Este control sobre el diesel resultó ser muy efectivo, ya que permitió a su vez llevar un inventario de cuánto combustible había disponible en bodega; de esta manera se pueden programar las compras del combustible y evitar que el proyecto se viese afectado en algún momento por falta del mismo. Dicho inventario se logró, ya que se conocían de antemano las salidas diarias de diesel, así como los ingresos que se dieron durante el mes, y la cantidad en existencia proveniente del mes anterior que se encontraba disponible al inicio del mes contractual. Otra ventaja de llevar este inventario es el poder corroborar en cualquier momento la existencia real en bodega y evitar sustracciones.

Por último, y como resultado de la información más importante de los controles comentados anteriormente, tanto de horas de operación, como de consumo de combustible, se logró obtener una tabla resumen del control aplicado (Figura 8); en dicha tabla se denotan todos aquellos datos importantes correspondientes a los costos de maquinaria implicada en el proyecto por cada mes contractual, brindando así la información necesaria y relevante para los directores de proyecto.

Esta tabla resumen también brinda datos de rendimiento del equipo, ya que posee información de cantidad de horas de operación y consumo de diesel, lo cual es importante porque permite conocer información sobre el equipo y su operación. En el caso específico de la excavadora que aparece en dicha tabla, se observa que la misma tuvo un rendimiento de 12,16 litros por hora de operación, lo cual se encuentra dentro de un rango normal para este tipo de equipo, el cual, por experiencia se encuentra entre los 11,0 – 14,0 litros por hora de operación (Triana, 2010) dependiendo de las condiciones de trabajo. Esto puede demostrar que la máquina sí estuvo trabajando a un ritmo normal, ya que si el consumo obtenido hubiese sido muy bajo, podría indicar que el operador no estaba trabajando a un ritmo constante; por lo contrario, si se hubiese obtenido un rendimiento muy alto podría significar desperfectos mecánicos, mal manejo del equipo o pérdidas de combustible.

El control implementado logró el principal objetivo: establecer horas de maquinaria por actividad, lo que permite llevar los costos de manera detallada y representa una gran ventaja para futuros proyectos de post-cierre efectuados por la empresa en otros de los rellenos sanitarios que administra y que están próximos a concluir sus operaciones. La herramienta a su vez constituye una base de datos en cuanto a las horas de operación en los diferentes sistemas para la elaboración de presupuestos y programaciones de los próximos proyectos de post-cierre.

El sistema funcionó muy bien para el proyecto en que se instauró y el mismo podría ser aplicado a otro tipo de proyectos y adecuarse a los mismos, siempre que estos tengan la particularidad de ser obras con pocas actividades, ya que, de lo contrario, el mismo podría volverse lento y complicado.

### **Control de mano de obra**

Con el fin de poder controlar de una mejor manera los costos del proyecto, fue importante implementar un control de la mano de obra, el cual logró ser de mucha utilidad, ya que de manera similar al control de la maquinaria, lograba establecer los costos correspondientes según fuese la actividad en que se estuviese trabajando a través de tiquetes de trabajo.

El sistema de tiquetes de trabajo, se convirtió en un método sencillo y rápido para dar seguimiento y control a la mano de obra implicada en las diferentes actividades. Sin embargo, a pesar de ser un sistema sencillo, se presentó una dificultad, debido a la constante variación de cuadrillas en el proyecto, según fuesen las necesidades de mayor urgencia. Por esta razón se debió dar un seguimiento a la mano de obra con el sistema, de forma menos personalizada en cuanto a la conformación de cuadrillas pero, a su vez, más detallada en cuanto a la cantidad de trabajadores designados, según si eran peones u operarios.

Una ventaja que presentaron los tiquetes de trabajo fue que pudieron manejarse por cuadrilla de trabajo o de manera individual; e inclusive que los tiquetes los controlen los trabajadores en caso de llevarse individualmente; sin embargo, se podría presentar la dificultad de lograr introducir en el personal la responsabilidad de llevar el tiquete de manera correcta, y no solamente el hacerlo porque se les solicita.

Una desventaja de los tiquetes de trabajo se presentó en aquellos días en los que los trabajadores de una cuadrilla trabajaban más de una vez en una misma actividad, la cual se veía interrumpida por labores en otra actividad diferente durante el mismo día; en estos casos fue de gran importancia llevar un control muy preciso de las horas que se invirtieron en cada una de las actividades.

El poder controlar de una forma detallada la mano de obra del proyecto, permitió también conocer, precisamente, el costo implicado en una actividad específica del proyecto. Un ejemplo representativo de esto se muestra en la tabla resumen mensual de mano de obra (Figura 11), en donde se observa que para el periodo comprendido entre el 15 de setiembre y el 14 de octubre, se invirtió un total de ¢1.627.433 en el pago de mano de obra, incluyendo horas ordinarias y horas extra para el desarrollo de la actividad denominada malla perimetral, esto equivale a un 50,71% del total de la mano de obra del periodo. Esta actividad estaba proyectada para desarrollarse en el periodo estudiado, tal como se muestra en la programación del proyecto (Anexo 3).

El llevar este control en conjunto con el presupuesto inicial del proyecto, sirve como una herramienta importante para la toma de decisiones; esto en caso de que se diesen variaciones en los costos de las actividades del proyecto, diferentes a las que estuviesen planeadas, con el fin de lograr mantener el costo global del proyecto dentro de lo planeado.

Otra utilidad importante de la información generada sobre el control de mano de obra y maquinaria, en conjunto con el presupuesto y planificación inicial, en proyectos en donde las actividades son paralelas en la programación, es determinar el porcentaje de avance de las diferentes actividades, a partir de la inversión que se ha realizado en estos rubros (maquinaria y mano de obra) en comparación con lo planeado.

Los datos recopilados de los controles implementados sirvieron para generar información, a la Gerencia de Proyectos de la empresa, sobre los costos de las diferentes actividades desarrolladas en el proyecto; ello permitió conocer, en todo momento, el curso del proyecto, y, de esta manera, tomar decisiones acertadas. Igualmente todos los datos recopilados sirven como lecciones aprendidas para proyectos futuros de la empresa, en los cuales, seguramente, se presentarán actividades similares a las desarrolladas en el proyecto de Río Azul.

Un ejemplo de esto, como se observa en el Apéndice 3, con los datos recolectados en cuanto a maquinaria, mano de obra y materiales, se logró establecer el costo total de la actividad malla perimetral compuesta por la construcción de 600m lineales de malla tipo ciclón por un total de ¢9.907.226 y un costo por metro lineal de ¢16.512. Información como la anterior permite, a los directores de proyectos de la empresa, realizar cada vez mejores proyecciones de los costos de las diferentes actividades, y, como consecuencia, mejores proyectos.

## **Verificación de la calidad de las obras**

### **Verificaciones de campo**

Durante todo el tiempo en que transcurrió esta práctica profesional, se realizaron inspecciones de campo, dentro del proyecto, para la verificación de la calidad de los procesos constructivos de las obras, y de la calidad final de las mismas. Debido al tipo de proyecto, las principales obras constructivas estaban relacionadas con la construcción de canales pluviales, construcción de drenajes de lixiviados en basura, construcción de cajas de registro y construcción de malla perimetral, se realizaron inspecciones constantes a todas las obras, en conjunto con el ingeniero del proyecto, logrando, de esta manera, verificar que las mismas cumplieran con la calidad esperada.

Con la experiencia adquirida, se observó la importancia que tiene la supervisión continua de todas las tareas que conforman las diferentes actividades de los proyectos; esto, ya que se observó cómo, en algunas ocasiones, las actividades realizadas por los trabajadores, a pesar de ser en muchas ocasiones repetitivas, y tener cierto grado de experiencia, son mal elaboradas, realizadas de la forma menos adecuada, logrando con esto entregables de poca calidad, aumentando los tiempos de ejecución e, inclusive, poniendo en riesgo la vida de ellos mismos durante el proceso constructivo.

### **Calidad de los materiales**

Una inspección importante a realizar, para lograr la ejecución de obras con la calidad esperada, corresponde a los materiales utilizados, ya que es indispensable contar con materia prima de calidad para obtener buenos resultados en el tiempo esperado. A pesar de ser los costos de un proyecto los que generalmente dictan el rumbo del mismo, es siempre importante realizar un análisis del costo que podría implicar, en un proyecto, el fallo de una obra por defectos de calidad de un producto usado para su construcción. Por esto es importante hacer un balance entre costo y calidad, para adquirir materiales aptos y, siempre cerciorarse de que la calidad solicitada para el proyecto, es la misma que es entregada por el proveedor; igual ocurre con los cuidados de almacenaje recomendados por el fabricante, que se cumplan y no se presenten luego daños al material por su almacenaje y manejo.

Se observó la importancia de realizar supervisiones detalladas a todas aquellas obras ejecutadas por subcontrato, poniendo especial cuidado a los materiales ofertados por el subcontratista, y aquellos utilizados en los proyectos; y es que por asunto de costos, en algunas ocasiones los mismos incumplen lo ofertado en los presupuestos realizados por los trabajos, así como los tiempos de ejecución de las obras, en especial si las mismas no forman parte de la ruta crítica del proyecto.

Con las inspecciones de las obras que se realizaron, se logró garantizar que todas las obras se realizasen de la mejor manera, cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto (Anexo 4), así como con los incisos aplicables del artículo 13 del Reglamento Sobre Rellenos Sanitarios (Anexo 5).

### **Hoja de inspección de campo**

Un resultado obtenido a partir de la experiencia adquirida en las verificaciones de campo en el proyecto de Río Azul, se ve reflejado en la hoja de inspección de obras de mantenimiento. Debido al sitio en que se trabaja, y las particularidades presentes en un relleno sanitario que no fue planeado desde un inicio como tal, se presentan, durante los años posteriores a su cierre, gran cantidad de problemas que deben resolverse de manera inmediata, ya que en caso de no hacerlo, pueden llegar a causar desastres mayores y de alto costo económico.

Por lo antes expuesto, se desarrolló la hoja de inspección mencionada (Figura 12), la cual permite recolectar la información de campo necesaria para luego resolver los problemas existentes de la mejor manera y, a la vez, llevar un historial general del área del proyecto. De esta manera se puede conocer si existieron en algún momento asentamientos diferenciales importantes, deslizamiento de taludes de basura o de cobertura, afloramiento de lixiviados de la basura, daños en drenajes de lixiviados, daños en canales pluviales, así como alguna información relevante de la planta de tratamiento. Una ventaja que presenta la utilización de una hoja de inspección como la manejada en el proyecto, es que permite conocer qué zonas del proyecto necesitan de algún tipo de intervención, además de ayudar a establecer prioridades de los trabajos de necesaria realización respecto de obras de mantenimiento.

La hoja de inspección (Figura 12) es de importancia, ya que considera muchas de las estipulaciones presentes en las especificaciones técnicas que rigen el proyecto; es de esta forma, una herramienta que ayuda a cumplir con las mismas durante el periodo del proyecto, e inclusive serviría en un futuro, como herramienta básica para la administración del relleno sanitario cerrado bajo la dirección del propietario.

### **Informes de rendimiento mensual**

Los informes mensuales de maquinaria, son de importancia, a nivel de administración del proyecto, ya que sirven de herramienta informativa para el director de proyecto, mostrando de manera puntual la información general de la maquinaria que fue utilizada y las actividades a las que fue destinada.

A manera de ejemplo, como se muestra en el Apéndice 2, cada informe se encuentra subdividido por equipo, con la información de fechas en que se utilizó, así como consumo y costo asociado a cada uno, información con la cual el director de proyectos puede conocer específicamente para qué fue que se solicitó el equipo en el proyecto, así como cuál fue el monto que fue necesario pagar por los trabajos realizados.

### **Establecimiento de zonas de trabajo de mantenimiento mensual**

En cuanto al establecimiento de zonas de trabajo a realizar mensualmente para que se cumpla en forma total el mantenimiento, tal como se observa en el Cuadro 1, se obtuvieron rendimientos de los trabajadores para las diferentes actividades que conforman la etapa de mantenimiento del proyecto.

La información recopilada en el proyecto constituye un aporte para futuros proyectos de post-cierre de la misma empresa. Es importante recalcar que la información de rendimientos, para el caso específico de rellenos sanitarios, es independiente de las condiciones climáticas, debido a que no es posible laborar bajo condiciones lluviosas, por el peligro existente ante tormentas eléctricas, al ser un campo abierto. Esto representa una diferencia importante al comparar rendimientos de mano de obra en otros proyectos con actividades similares.

Debido a que se trata de un proyecto constructivo y, a la vez, de un proyecto de mantenimiento permanente, es importante conocer cuál es el rendimiento de la mano de obra que posee la empresa, para consolidar todas las tareas necesarias y poder cumplir con las actividades que demande el proyecto. Para esto es importante definir, en periodos de tiempo, rondas de mantenimiento de las diferentes actividades y sistemas que conforman el relleno; esto así, con el fin de evitar el mal funcionamiento de los mismos, y la inestabilidad de los taludes, a lo largo de toda el área del relleno.

El poder establecer de manera gráfica las zonas de trabajo de mantenimiento mensual, facilita la organización del recurso humano y ayuda a planificar el mismo, para cuando el proyecto finalice las obras de cierre técnico y solamente sean necesarias obras de mantenimiento preventivo. La información recolectada sobre rendimientos de mano de obra, sirve igualmente como lecciones aprendidas para el departamento de ingeniería de la empresa, que puede así planificar el mantenimiento de post-cierre de los otros rellenos sanitarios que la empresa posee y administra.

Una ventaja de establecer de manera gráfica las zonas de trabajo, es que se logra asegurar el cumplimiento de los trabajos en el orden propuesto para las 47 hectáreas que abarca el proyecto.

Como se observa en la Figura 14, para el caso del sistema de lixiviados, las diferentes tuberías de conducción que alimentan la planta de tratamiento se representaron con diferentes colores; estos indican la distribución de sectores que deben de ser trabajados con obras de mantenimiento para cada semana, de modo que, al final de cada mes contractual, se haya realizado todo el mantenimiento del sistema según lo establecido en las Especificaciones Técnicas del proyecto en su inciso 2.5 (Anexo 4), respecto del mantenimiento preventivo del sistema de lixiviados.

En las Figuras, 15 y 16, se muestran de manera gráfica las zonas de trabajo para las áreas verdes, y para el sistema pluvial y vías de acceso respectivamente; así como la distribución de los trabajos en el tiempo durante cada mes contractual, con esto se logra abarcar el área que conforma el proyecto en las diferentes actividades.

## CONCLUSIONES

Con el trabajo de práctica realizado, se pudieron obtener las conclusiones que se enumeran a continuación:

1. El conocer de manera detallada y actualizada los costos de las actividades que conforman el proyecto, ayuda a concluir exitosamente el mismo; ya que se puede saber cuáles actividades son eficientes y cuáles deficientes, basándose en lo planeado y presupuestado para cada una.
2. El obtener el rendimiento del combustible de los equipos permite tener una noción de la productividad de los mismos, así como de la experiencia del operador que los maneja.
3. Con el control de combustible implementado, se logra llevar un control detallado del diesel entregado por parte de la empresa WPP Continental; además se lleva un inventario de la existencia de combustible en el proyecto para programar las compras.
4. El sistema implementado permite conocer la distribución del equipo en las diferentes actividades desarrolladas en el proyecto, logrando, de esta manera, conocer la distribución de los costos de forma precisa.
5. En obras de infraestructura, es indispensable controlar de manera detallada los costos asociados a la maquinaria y equipo, debido al alto porcentaje de costos que la misma representa.

6. Al implementar la herramienta de tiquetes de trabajo se logra asignar costos de mano de obra a las diferentes actividades del proyecto, de manera precisa; esta información permite tomar decisiones acertadas basándose en lo programado para el periodo.
7. Es indispensable en todo proyecto realizar inspecciones de las obras, tanto durante el proceso constructivo, como al finalizar las mismas; esto con el fin de obtener obras de calidad según lo esperado.
8. Con la hoja de inspección de mantenimiento se pueden realizar inspecciones generales que aseguren el buen funcionamiento de los diferentes sistemas que conforman un relleno sanitario y, a la vez, el cumplimiento con la normativa regulatoria.
9. Es importante mantener informada a la Gerencia de Proyectos del uso que se les da a los equipos, debido al alto costo que estos implican en el presupuesto global de los proyectos; esto se logra entregando informes mensuales de la maquinaria y el equipo utilizado.
10. Para la empresa es de gran importancia conocer cuál es el rendimiento de la mano de obra en actividades de mantenimiento, ya que esta información puede ser utilizada, tanto para este proyecto, como para los otros rellenos sanitarios administrados por WPP Continental.

## RECOMENDACIONES

A manera de recomendaciones para el trabajo realizado, se pueden considerar las siguientes:

1. Es indispensable evitar el pago de horas mínimas por concepto de maquinaria mediante una correcta planeación de las labores a realizar.
2. Se debe explicar a aquella persona encargada de llevar el control de las boletas de maquinaria, cuáles tareas se deben asignar a cada actividad para evitar confusiones en la asignación de horas.
3. En caso de considerarse necesario, para llevar el control de la maquinaria se recomienda establecer un chequeador durante el tiempo de operación, de manera que controle los tiempos efectivos de manera detallada.
4. En cuanto a la maquinaria se recomienda el uso de equipo más moderno, de modo que se obtenga una mejor productividad y mejor calidad de las obras en un menor tiempo.
5. Al llevar los tiquetes de trabajo de manera individual por cada trabajador, se pueden obtener mejores resultados; sin embargo esto implicaría una responsabilidad adicional para alguno de los encargados de mano de obra del proyecto.
6. Dentro de los tiquetes de trabajo, se debería considerar un espacio para observaciones, en donde se puedan realizar aclaraciones para aquellos días en que se presentan variaciones de personal o actividades que se ven interrumpidas por otras.

7. Es importante que la persona que utiliza la hoja de inspección, sepa establecer prioridades en aquellos daños u observaciones encontradas al realizar la inspección diaria, así como el sistema que se está viendo afectado.
  
8. Con el fin de poder abarcar toda el área del proyecto en obras de mantenimiento, se recomienda la verificación del cumplimiento del trabajo con base en las láminas de áreas establecidas.

## APÉNDICES

**APÉNDICE 1. Boleta de salida de materiales de bodega.**

**APÉNDICE 2. Informe mensual de maquinaria.**

**APÉNDICE 3. Costo total de la actividad malla perimetral.**

## ANEXOS

**ANEXO 1. BOLETA DE CONTROL DE MAQUINARIA Y EQUIPO.**

**ANEXO 2. BOLETA DE CONTROL DE COMBUSTIBLE.**

**ANEXO 3. PROGRAMACIÓN DEL PROYECTO OBRAS DE POST-CIERRE  
RELLENO SANITARIO RÍO AZUL.**

**ANEXO 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PROYECTO “OBRAS DE POST-CIERRE DEL RELLENO SANITARIO RÍO AZUL”.**

**ANEXO 5. REGLAMENTO SOBRE RELLENOS SANITARIOS.**

## REFERENCIAS

Grupo WPP. 2009. WPP CONTINENTAL DE COSTA RICA. Disponible en:<<http://www.wppcontinental.com/inicio.html>> Consultado: Setiembre, 2010.

Mora, R; Mora R. 2003. Reseña histórica del relleno sanitario de Río Azul y consideraciones sobre los metales pesados tratados en él y los presentes en nuestros hogares. REVISTA REFLEXIONES. 82 (2): 47-58.

Triana, R. 2010. CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN. WPP Continental. Comunicación personal.

Triana, R. 2010. PROBLEMÁTICA EXISTENTE EN EL RELLENO SANITARIO RÍO AZUL. WPP Continental. Comunicación personal.

