



**Oficina Internacional del Trabajo
Oficina Subregional para los Países Andinos**

Tasas de Productividad

Para la construcción basada en mano de obra

Lima, diciembre del 2003

Las publicaciones de la Oficina Internacional del Trabajo gozan de la protección de los derechos de propiedad intelectual, en virtud del protocolo 2 anexo a la Convención Universal sobre Derecho de Autor. No obstante, ciertos extractos breves de estas publicaciones pueden reproducirse sin autorización, con la condición de que se mencione la fuente. Para obtener los derechos de reproducción o de traducción deben formularse las correspondientes solicitudes a la Oficina de Publicaciones (Derechos de autor y licencias), Oficina Internacional del Trabajo, CH-1211 Ginebra 22, Suiza, solicitudes que serán bien acogidas.

STIEDL, David; BRUDEFORDS, Ulf; SHONE, Mike
Tasas de productividad para la construcción basada en mano de obra.
Lima: OIT/Oficina Subregional de los Países Andinos, 2003, 54 p.

Productividad, utilización de mano de obra, industria de la construcción, creación de empleos, obras públicas, 13.01.2

ISBN 92-2-315500-2 (versión impresa)
ISBN 92-2-315501-0 (versión PDF)

Publicado también en inglés: *Productivity norms for labour-based construction*, ILO/ASIST Technical Brief N° 2, Nairobi, 1998.

Datos de catalogación de la OIT

Las denominaciones empleadas, en concordancia con la práctica seguida en las Naciones Unidas, y la forma en que aparecen presentados los datos en las publicaciones de la OIT no implican juicio alguno por parte de la Oficina Internacional del Trabajo sobre la condición jurídica de ninguno de los países, zonas o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

La responsabilidad de las opiniones expresadas en los artículos, estudios y otras colaboraciones firmados incumbe exclusivamente a sus autores, y su publicación no significa que la OIT las sancione.

Las referencias a firmas o a procesos o productos comerciales no implican aprobación alguna por la Oficina Internacional del Trabajo, y el hecho de que no se mencionen firmas o procesos o productos comerciales no implica desaprobación alguna.

Las publicaciones de la OIT pueden obtenerse en Las Flores 275, San Isidro, Lima 27 - Perú, o pidiéndolas al Apartado Postal 14-124, Lima, Perú.

Vea nuestro sitio en la red: www.oit.org.pe

ADVERTENCIA

El uso de un lenguaje que no discrimine ni marque diferencias entre hombres y mujeres, es una de las preocupaciones de nuestra Organización. Sin embargo, no hay acuerdo entre los lingüistas sobre la manera de hacerlo en nuestro idioma.

En tal sentido y con el fin de evitar la sobrecarga gráfica que supondría utilizar en español o/a para marcar la existencia de ambos sexos, hemos optado por emplear el masculino genérico clásico, en el entendido de que todas las menciones en tal género representan siempre a hombres y mujeres.

PRÓLOGO

El Programa de Inversiones Intensivas en Empleo (PIIE) es un programa del Departamento de Recuperación y Reconstrucción de la OIT. Su objetivo es promover el uso de tecnologías basados en recursos locales en obras de infraestructura en países en desarrollo y reforzar su capacidad para aplicar estas tecnologías.

OIT/ASIST es un programa subregional dentro del PIIE, uno de cuyos objetivos es la obtención de una mayor efectividad en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de caminos y así promover el empleo y la generación de ingresos en áreas rurales y urbanas.

Este documento fue elaborado como parte de una serie de herramientas técnicas prácticas para la difusión de conocimientos sobre tecnologías y gestión basadas en mano de obra entre diseñadores de políticas, planificadores, diseñadores de proyectos, ejecutantes y capacitadores. Presenta al lector las tasas de productividad promedio de la mano de obra para las actividades más comunes de obras basadas en mano de obra, permitiendo así el diseño y la gestión eficaz de las mismas.

Ricardo Hernández Pulido
Director
Oficina Subregional para los Países Andinos

AGRADECIMIENTOS

Este documento es parte de una serie ocasional de resúmenes técnicos producidos por OIT/ASIST para sintetizar y recapitular información técnica sobre aspectos importantes de la tecnología basada en mano de obra.

La investigación original y la adquisición de información es el trabajo de Mike Shone y Ulf Brudfors, quienes produjeron también un sustancioso primer borrador. David Stiedl fue el responsable de la revisión y edición de este borrador tomando en cuenta los comentarios recibidos provenientes de un grupo de profesionales claves y funcionarios de la OIT.

También queremos agradecer a Gary Taylor por la perspectiva histórica de la productividad del trabajo en obras de construcción (*Anexo 3*) y al personal de muchos proyectos quienes se tomaron el tiempo para responder los detallados cuestionarios, de manera tal que el documento asegure su relevancia práctica.

CONTENIDO

PRÓLOGO	i
AGRADECIMIENTOS	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. DEFINICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN BASADA EN MANO DE OBRA	5
2.1 Actividades típicas	5
2.1.1 Limpieza del terreno	6
2.1.2 Excavación	6
2.1.3 Acarreo	8
2.1.4 Cargar, descargar y esparcir	9
2.1.5 Compactación	10
2.1.6 Colocación de alcantarillas	11
2.2 Métodos de trabajo	11
3. TASAS DE PRODUCTIVIDAD	13
3.1 Limpieza del terreno	13
3.2 Excavación	14
3.3 Acarreo	16
3.4 Cargar, descargar y esparcir	17
3.5 Compactación	18
3.6 Colocación de alcantarillas	18
3.7 Un ejemplo de actividades combinadas	19
3.8 Resúmen	20
4. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD	23
4.1 Motivación y experiencia de la fuerza de trabajo	23
4.2 Organización del trabajo	25
4.3 Especificaciones y mantenimiento de herramientas y equipo	25
4.4 Monitoreo de estándares	26
ANEXOS	29
ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA	31
General	31
Utilizado para tasas de productividad	32
ANEXO 2: DATOS DE PRODUCTIVIDAD POR PAÍS	34
Datos por país para actividades de limpieza de terreno	34
Datos por país para actividades de excavación	35
Datos por país para actividades de acarreo	36
Datos por país para actividades de carga, descarga y esparcir	37
Datos por país para actividades de compactación	38
Datos por país para actividades de colocación de alcantarillas	39
ANEXO 3: PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN – UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Características de la limpieza de vegetación	6
Tabla 2:	Características de la excavación de suelos	8
Tabla 3:	Características del equipamiento de acarreo	9
Tabla 4:	Herramientas para cargar, descargar y esparcir	10
Tabla 5:	Herramientas y equipamiento para compactación	11
Tabla 6:	Herramientas para colocación de alcantarillas	11
Tabla 7:	Tasas de limpieza del terreno – datos por país	14
Tabla 8:	Tasas de limpieza del terreno – valores recomendados	14
Tabla 9:	Tasas de excavación – datos por país	15
Tabla 10:	Tasas de excavación – valores recomendados	15
Tabla 11:	Tasas de acarreo en carretillas– datos por país	16
Tabla 12:	Tasas de acarreo en carretillas – valores recomendados	16
Tabla 13:	Tasas típicas de acarreo para equipamiento cargado manualmente	17
Tabla 14:	Tasas para cargar, descargar y esparcir – datos por país	17
Tabla 15:	Tasas para cargar, descargar y esparcir – valores recomendados	17
Tabla 16:	Tasas de compactación – datos por país y valores recomendados	18
Tabla 17:	Tasas para la colocación de alcantarillas – datos por país	19
Tabla 18:	Tasas para la colocación de alcantarillas – valores recomendados	19
Tabla 19:	Combinaciones típicas de equipamiento/mano de obra para revestimiento	19
Tabla 20:	Resumen de valores recomendados	20
Tabla 21:	Observaciones sobre la productividad de los trabajadores	23
Tabla 22:	Insumo promedio de trabajadores para operaciones completadas	27

1. INTRODUCCIÓN

Todos los proyectos de ingeniería civil confían en la productividad de su equipamiento y en la de sus trabajadores para conseguir buenos resultados. Los proyectos de obras importantes con un alto componente de equipamiento pueden estimar con cierta aproximación cuanto y que tipo de equipamiento será requerido para el tipo de obra concebido. Los manuales de estimaciones, tal como el Manual de Rendimientos de Caterpillar, informan sobre los resultados producidos por los tipos de equipamiento mas comunes (basados en la suposición de que son utilizados apropiadamente), y estas cifras forman la base de todas las estimaciones de costos y tiempos. La productividad de la mano de obra individual, aunque es importante para asegurar que el equipamiento es utilizado efectivamente, tendrá un menor impacto sobre los costos y plazos totales.

Los proyectos basados en mano de obra, sin embargo, son casi enteramente dependientes de la productividad de la mano de obra. Siempre que los trabajadores estén organizados y abastecidos apropiadamente con las herramientas correctas, deben ser capaces de llevar a cabo la mayoría de las actividades usualmente realizadas por maquinaria de movimiento de tierra. Sin embargo, es esencial hacer estimaciones realistas de la productividad esperada de la mano de obra con el fin de planificar y efectivamente ejecutar una obra basada en mano de obra.

La primera acción de cualquier ingeniero de planificación sobre un proyecto basado en mano de obra debe ser la determinación de las cantidades y tipos de trabajo que se llevarán a cabo. El ingeniero debe entonces dividir este trabajo en actividades que puedan ser llevadas a cabo individualmente o por grupos de trabajadores, y entonces, aplicando tasas de productividad, determinar la fuerza de trabajo requerida y la duración del proyecto. La elección de las tasas de productividad correctas es la parte mas crítica de este proceso.

Veamos un ejemplo muy simple, un kilómetro de zanja para tubería de desagüe a ser excavado podría ser considerado como una sola actividad, es decir excavación. Si se conoce que la cantidad promedio de material a ser excavado es 2m^3 en volumen por metro de longitud de zanja, y la tasa de productividad de los trabajadores está establecida en 3m^3 por día, entonces el proyecto podría ser completado en un día con 667 trabajadores. En el otro extremo, esto podría tomar cerca de tres años con un solo trabajador. Una ejecución mas típica sería un grupo de 48 trabajadores empleados por 14 días.

La cifra crítica es la tasa de productividad. A los trabajadores se dan tareas establecidas en las obras basadas en mano de obra que son iguales a estas tasas. Si la tarea es subestimada en un 30%, por ejemplo, 2m^3 por día de excavación en lugar de 3m^3 por día como en el ejemplo de arriba, el costo directo del proyecto se incrementará en un 30%. Inversamente, si las tareas son sobreestimadas, entonces mucha de la fuerza de trabajo no será capaz de conseguir sus objetivos y será considerable la inestabilidad y el descontento en la obra.

La estimación correcta de la productividad es probablemente la mas importante decisión para el ingeniero. Si las cantidades físicas son estimadas erróneamente, estas pueden ser corregidas en un redimensionamiento. Si el número de personas reclutadas es insuficiente, esto puede también ser rectificado fácilmente; pero alterando las tasas significativamente en una etapa posterior, implica el convencer a los trabajadores de realizar mas trabajo por el mismo dinero, lo cual puede ser muy difícil y no contribuye al éxito en un proyecto dependiente de la mano de obra.

Afortunadamente, han sido elaborados un gran número de trabajos sobre la determinación realista de las tasas de productividad para diferentes actividades en diferentes situaciones. En consecuencia,

debe ser posible para un ingeniero de planificación, usar esa experiencia al iniciar de cualquier proyecto, con la confianza de que es correcta la magnitud y que puede ser reajustada en el progreso de la obra. Desafortunadamente, muchos de estos datos son difíciles de conseguir, y a menudo se refieren a circunstancias muy particulares, asumiendo que son proyectos únicos. Esto puede, por lo tanto, ser fácilmente engañoso por una simple aplicación de tales tasas sin una apreciación completa del proyecto de donde los datos provienen.

ASIST ha estado involucrado en el diseño y monitoreo de programas basados en mano de obra por más de una década, y tiene acceso a documentos de proyectos e información sobre los mismos en todo el mundo. En consecuencia, ha decidido buscar toda la información actual disponible y hacer una síntesis de las normas de productividad preponderantes que permitan al planificador de proyectos tener un mejor manejo sobre lo que es más apropiado para su uso.

Aún esta síntesis tendrá sus limitaciones, y es importante apreciar que estas son productividades que pueden ser esperadas bajo circunstancias ideales. Eso es, que la fuerza laboral esté bien organizada y supervisada, comprenda las tareas que debería ejecutar y tenga las herramientas correctas y en buenas condiciones. Herramientas defectuosas o una pobre organización pueden fácilmente reducir a la mitad los resultados de los trabajadores. También se asume que el trabajador es saludable, que está remunerado apropiadamente, que trabaja horarios normales y que tiene fácil acceso a alimentos y agua.

Los temas de las condiciones de trabajo y la gestión de trabajadores no están cubiertos en esta guía pues se supone que están siendo aplicadas apropiadamente. Sin embargo, la lectura está referida a la publicación de la OIT *Programas de Infraestructura Intensivos en Empleo: Políticas y Prácticas Laborales*¹, el cual cubre estos temas ampliamente.

Este resumen está dirigido a profesionales, tanto ingenieros como técnicos, quienes tienen experiencia en la construcción de obras y actividades de mantenimiento así como algún conocimiento de los conceptos y aplicación de tecnologías basadas en mano de obra.

Este documento está dividido internamente en tres secciones. La primera sección trata de las definiciones, en la cual las actividades relacionadas con la construcción están claramente definidas. Las actividades son primeramente sacadas de la construcción de caminos rurales, pero pueden ser aplicadas a muchas otras actividades basadas en mano de obra, tal como la provisión de agua, obras de riego, drenaje o conservación de suelos. La estructura de las operaciones de trabajo, tales como *trabajo por día*, *trabajo por tarea* y *trabajo por pieza* también son explicadas.

La segunda sección resume las tasas de productividad que han sido informadas por muchos proyectos. Estas tasas están relacionadas directamente con la variedad de actividades definidas en la sección anterior. Se presenta un rango de índices, para demostrar el tipo de variación que puede ser esperado bajo condiciones diferentes. También se dan recomendaciones para una productividad promedio, el cual podría ser un punto de partida realista y asequible para cualquier nuevo proyecto o programa. Algunas actividades están diseñadas sobre mucha más información que otras, pero donde sea posible, las anomalías están señaladas y comentadas.

¹ Tajgman, David y de Veen, Jan. *Programas de Infraestructura Intensivos en Empleo: Políticas y Prácticas Laborales*. OIT, Ginebra, 2000.

La tercera sección proporciona pautas sobre los factores que pueden afectar la productividad y como se puede mejorarla. También ofrece recomendaciones sobre los procedimientos para el establecimiento, medida y monitoreo de actividades, de tal manera que las tasas específicas para un proyecto pueden ser mejoradas.

Para aquellos quienes requieren mas detalle, la información sobre las productividades obtenidas en estos estudios es proporcionada por país y actividad en el Anexo 2. Adicionalmente, se presenta un corto resumen histórico de la productividad en los siglos previos en el Anexo 3. Con esto se pretende dar una perspectiva sobre lo que puede ser conseguido por los trabajadores cuando el equipamiento pesado simplemente no es una opción.

Este documento es por su naturaleza, un trabajo en progreso, y serán bien recibidos los comentarios sobre él. Así también, la información adicional será bien recibida para su inclusión en futuras ediciones.

2. DEFINICIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN BASADA EN MANO DE OBRA

2.1 Actividades típicas

Toda obra de construcción puede ser dividida en actividades independientes que pueden ser efectuadas por un individuo o por un grupo de trabajadores si están equipados con las herramientas apropiadas. Existen muchas opciones y por supuesto pueden ser especificadas de la manera mas conveniente para la obra actual. Sin embargo, para permitir una comparación significativa entre proyectos y programas, han surgido algunas pautas, las cuales se ha encontrado que tienen una buena aplicación universal.

Las tres normas mas comunes son aquellas desarrolladas en el programa de caminos rurales de acceso de Kenya (RARP - Rural Access Road Programme)²; los parámetros especificados en el estudio original del Banco Mundial acerca de los métodos basados en mano de obra³; y los parámetros propuestos en el manual de planes de trabajo de la OIT⁴ basado en varios proyectos llevados a cabo en proyectos multisectoriales en países francófonos.

Documentos como estos podrían ser consultados por cualquier diseñador de proyectos que requiera soluciones detalladas para circunstancias específicas o soluciones "precocidas" relacionadas a, por ejemplo, diques, forestación, asfaltado de caminos, etc.⁵. Sin embargo, para este ejercicio nos hemos concentrado en las operaciones mas comunes utilizadas en la construcción de caminos rurales. Estas actividades también constituirán la mayor parte de cualquier proyecto de construcción basado en mano de obra, y como tal, tendrán un gran efecto sobre los costos y resultados de la mayoría de los proyectos. Basado en estas actividades, los planificadores de proyectos pueden desarrollar un conjunto realista de tasas de productividad ajustado a sus necesidades.

Las actividades están casi siempre combinadas en una gran actividad global. Un buen ejemplo de esto es la operación de tomar material de una cantera para formar un dique en las cercanías. En los grandes proyectos en Asia esto sería comúnmente descrito como una actividad: excavar, cargar, acarrear y descargar. Sin embargo en África sería determinado como tres tareas discretas, excavación para almacenar, cargando en una carretilla, y acarreándolo al dique para descargarlo. En este documento, todas las actividades serán tomadas como la parte constituyente mas simple.

Las principales actividades para este documento son definidas abajo. Como parte de las definiciones proporciona una descripción de la variedad de obras en las cuales esta actividad es aplicada; las herramientas utilizadas; la forma en que la actividad es medida y la variedad de parámetros que puede ser usada para subdividir la actividad aún más.

Aún las herramientas pueden ser definidas de forma diferente en distintas partes del mundo. Para este documento todas las herramientas manuales son como están especificados en la guía de herramientas y equipo para la construcción de caminos basada en mano de obra⁶.

² de Veen. *The Rural Access Roads Programme: Appropriate technology in Kenya*. OIT, Ginebra, 1993.

³ The Study of Labour and Capital Substitution in Civil Engineering Construction, así como lo resumido en Coukis et al.: *Labor-based construction programmes: A practical guide for planning and management*. Banco Mundial. 1983.

⁴ *Standardised procedures for the presentation of work plans*. OIT. Ginebra. Septiembre 1990.

⁵ Por ejemplo, *Labour enhanced construction for bituminous surfacings: Methods and procedures*. Southern African Bitumen and Tar Association. Marzo 1993.

⁶ *Guide to tools and equipment for labour-based road construction*. OIT, Ginebra, 1982.

2.1.1 Limpieza del terreno

Esta actividad cubre la remoción de todos los obstáculos antes de que la excavación comience en serio. En las actividades relacionadas con caminos, esto a menudo está referido como "limpieza del área del al camino" o "limpieza de vegetación". Sin embargo, la actividad abarca mas obstáculos que solamente los arbustos. Como una definición general, incluye la remoción de rocas, edificaciones, árboles, arbustos, maleza, cultivos y la capa superficial que contenga cualquier materia vegetal que sea inapropiada para rellenar.

La dimensión de la capa vegetativa puede diferir considerablemente, de áreas semiáridas donde el trabajo de limpieza es insignificante a selvas tropicales lluviosas donde las sierras de cadena y los jaladores de vegetación pueden ser (desafortunadamente) necesarios para remover grandes raíces de árboles. Las edificaciones superfluas no son un rasgo común en un proyecto rural, aunque pueden estar presentes en programas de mejoramiento urbano.

Para este documento ha sido necesario hacer un juicio subjetivo con la información recibida. La limpieza de vegetación ha sido definida como ligera, mediana o densa; a lo que ha sido agregada la eliminación de raíces de árboles (donde un solo tronco excede los 20 cm de diámetro) considerada en la Tabla 1 como desenraizar y remover la capa superficial del suelo⁷.

Para referencia general, pueden usarse definiciones basadas en el tipo de herramienta necesario para la eliminación de la vegetación, para identificar la densidad de esta (ver *Tabla 1* abajo). Toda la limpieza es medida en metros cuadrados excepto árboles grandes y rocas, los cuales requieren la definición de tareas individuales.

Tabla 1: Características de la limpieza de vegetación

Tipo de vegetación	Herramientas apropiadas
Vegetación ligera	Machete, rastrillo
Vegetación mediana	Guadaña, hacha, sierra
Vegetación densa	Hacha, sierra de cadena, jaladores de vegetación ⁸

2.1.2 Excavación

Esta es la mas común de las actividades basadas en mano de obra y puede ser aplicada a muchos rubros en un programa de construcción.

La excavación es requerida:

- Para producir una plataforma nivelada para un camino en terreno virgen.
- Para la obtención de material para construir o ampliar un camino.
- Para la actividad primaria en la elaboración de cunetas laterales en caminos, aún si la construcción de esta cuneta puede ser dividida en primero excavar una zanja y entonces inclinar los taludes.

⁷ Algunas veces es referida como "limpieza de hierbas", aunque en operaciones de mantenimiento esto generalmente solo significa la eliminación de las raíces de plantas.

⁸ Cualquier dispositivo para jalar directamente de la tierra por animales, tractores o tornos de operación manual, utilizando varias ayudas para jalar.

- En canteras para obtener grava que se usa en el revestimiento.
- Para la formación de los diques de los canales de irrigación.
- Para la obtención de material para pequeñas represas de tierra.

Aún la actividad de despedazar una roca es, hablando estrictamente, una excavación.

Esta actividad puede ser usualmente llevada a cabo con una azada o una pala, pero con materiales resistentes, serán necesarias una zapa, un pico o aún una barra pesada⁹. Para fraccionar rocas puede utilizarse cinceles y martillos, pero para las que son muy duras, la perforación y voladura serán necesarias¹⁰. Para materiales suaves, el trabajador solo requerirá una herramienta tal como un azada o una pala, pero para materiales resistentes, cada trabajador necesitará estar equipado con dos herramientas, generalmente un pico para desprender el material y una pala para sacarlo.

El método para eliminar el material excavado requiere estar bien definido en lo se refiere a como se especifica la actividad. Muchos proyectos esperan que el excavador (la persona que excava) cargue el material en una canasta de cabeza, carretilla o remolque como parte de la operación. En otros casos se espera que el excavador "tira" el material fuera de los límites del camino, o al centro de este, para contribuir a la formación de la combadura del camino. Un estudio de la literatura y la información recibida de varios proyectos en diferentes países confirma que esta operación adicional no parece aumentar significativamente el esfuerzo requerido. De esta manera, los parámetros de la excavación para este documento están definidos con la inclusión de la carga o tira, dado que no se tenga en cuenta una elevación¹¹ de mas de un metro, o una tira de mas de cuatro metros.

El parámetro mas importante para la excavación es la resistencia del material. Esta puede alterar la productividad esperada en un factor de cuatro o mayor. Los materiales son generalmente descritos como suaves, medianos, duros, muy duros o rocas y estos términos son usados en la comparación de la información de diferentes proyectos. El Banco Mundial en su estudio definitivo¹² proporciona una amplia definición basada en el tipo de suelo y la penetración de una herramienta. Esto es presentado en la *Tabla 2* más abajo en una forma simplificada como una manera útil para los proyectos de evaluar su situación particular. Como con la definición de la limpieza de la obra, la descripción mas práctica es la herramienta requerida, pero las descripciones de suelos son términos generalmente aceptados por los especialistas en suelos.

Toda excavación es medida en metros cúbicos de material *in situ*.

⁹ Este artículo se refiere a una barra de por lo menos 11 kg y 1.8 metros de longitud, con una punta plana y otra afilada, usada como herramienta de impacto.

¹⁰ Fuego y agua pueden ser muy efectivas pero puede ser una operación perjudicial para el medio ambiente debido a que a menudo se encuentran terrenos rocosos en áreas con escasa vegetación y frágil medio ambiente.

¹¹ "Elevación" es un parámetro bien descrito en la literatura refiriéndose a la altura a la cual el material debe ser subido para cargarlo o eliminarlo. *Labor-based construction programmes: A practical guide for planning and management*, página 284, Tabla F-3 y Figura F-3 detallan los efectos de la elevación agregada sobre la productividad.

¹² *Obr.cit.*, página 282, Tabla F-1.

Tabla 2: Características de la excavación de suelos

Definición de la actividad	Descripción del suelo		Herramienta apropiada
	Cohesionado	No cohesionado	
Suave	Suave	Muy suelto	Excavado fácilmente con una azada o pala
Mediano	Firme	Suelto	Puede ser excavado con una pala
Duro	Rígido	Compacto	Azadón o pico requerida
Muy duro	Muy rígido o duro	Denso o muy denso	Una barra es necesaria además de un pico
Roca	Roca	Roca	Un martillo pesado y cinceles se requieren

2.1.3 Acarreo

El acarreo es costo-efectivo cuando se lleva a cabo manualmente solo para distancias de hasta 150 metros. Para distancias mas grandes, llega a ser necesario el equipamiento. Generalmente el cargar sobre la cabeza es el método mas efectivo hasta los 50 metros, después de este punto la carretilla es lo mas apropiado. Sin embargo, debe ser notado que la carga en la cabeza no es común en África como una operación de construcción, mientras que en algunas partes de Asia, la carga en la cabeza es utilizado para considerables distancias (algunas veces en distancias hasta de 100 metros).

La productividad es muy dependiente de la condición de la ruta de acarreo y de la altura a la cual el material debe ser movido, casi siempre referido como la "elevación". Similarmente, donde las carretillas son usadas, la condición y diseño de la carretilla es crítico¹³. Las carretillas chinas¹⁴ tienen una muy alta capacidad y requieren mucho menos esfuerzo del trabajador, a pesar de que se requiere tener algunos conocimientos para el balance. Ellas generalmente no están disponibles en otros continentes, pero para proyectos con un considerable número de carretillas de acarreo, estas pueden ser la inversión mas provechosa.

El acarreo con equipamiento es generalmente llevado a cabo por una combinación tractor/remolque para distancias de hasta cinco kilómetros, y con camiones de allí en adelante. Sin embargo, esta es una pauta gruesa y necesita ser probada para circunstancias particulares. En Lesotho se utilizan solo camiones, mientras que en Kenya usan tractores y remolques para cualquier distancia de acarreo, simplemente porque eso es lo que ellos tienen disponible fácilmente.

El diseño del remolque es importante y los detalles de un tipo apropiado pueden ser hallados en el resumen técnico N° 1 de ASIST¹⁵. Muchos remolques disponibles comercialmente no son lo suficientemente robustos y no están a la altura adecuada para una carga fácil. La experiencia ha demostrado que la capacidad ideal es de 3m³. Similarmente, los camiones no deben ser demasiado grandes o serán difíciles de cargar y maniobrar en una obra basada en mano de obra. Camiones volquetes con una capacidad de 5 a 7 m³ han probado ser ideales.

¹³ OIT/ASIST ha publicado un resumen técnico en el que se dan detalles del diseño y la elaboración para una simple pero robusta carretilla apropiada para el uso en las obras de construcción basadas en mano de obra. Vea la bibliografía para mas detalles.

¹⁴ La carretilla china consiste en una bandeja rectangular, con sus lados inclinados, montada sobre una rueda de gran diámetro colocada centralmente bajo la bandeja. Para detalles adicionales, vea *Guide to tools and equipment*, páginas 7-26 y 7-27.

¹⁵ Hamper, J & Mason, D. et al. *Designs and specifications for a standard trailer and hitch*. Technical Brief N° 1. Tercera edición (revisada). OIT/ASIST, Nairobi, 1997.

La información sobre la productividad del acarreo con equipamiento no fue obtenida de proyectos por este estudio, pero los datos típicos son incluidos en esta nota para completar la información (ver *Tabla 13*).

La *Tabla 3* presenta la distancia de acarreo y capacidad para equipamiento típico usado en proyectos basados en mano de obra. Todo el acarreo es medido en metros cúbicos de material suelto para una distancia específica de acarreo.

Tabla 3: Características del equipamiento de acarreo

Equipamiento de acarreo	Distancia de acarreo recomendada	Capacidad
Canasta de cabeza	4 – 50	0.02 m ³
Carretilla occidental	25 – 150	0.08 m ³
Carretilla china	50 – 400	0.16 m ³
Carreta de tracción animal	100 – 500	0.70 m ³ ¹⁶
Tractor y remolque	250 – 5000	3 – 3.5 m ³
Camión volquete	2000 hacia arriba ¹⁷	5 – 6 m ³

2.1.4 Cargar, descargar y esparcir

Como se ha notado en las secciones previas, estas actividades son a menudo combinadas con otras como una sola actividad. La carga es generalmente parte de la actividad de excavación donde no se considera el doble manipuleo de material y las elevaciones son de menos de un metro. Similarmente a la carga, la descarga y el esparcido son corrientemente incluidas con la actividad de acarreo cuando el material está siendo obtenido de una cantera para el revestimiento de un camino con grava. Sin embargo, es importante tener información sobre estas actividades por separado, tal que un proyecto pueda desarrollar sus propias tasas.

Carga se refiere a la carga de una pila de material excavado previamente, y puede ser aplicado para cualquier material. Sin embargo, se debe recordar que si el material se deja paralizado por un periodo considerable y sujeto a la humedad y resecado, necesitará ser nuevamente soltado, lo cual constituye una nueva tarea de excavación. La carga a alturas de más de un metro son muy dificultosas por métodos manuales, y los puertos de carga deben ser remodelados para evitar este problema. La carga es medida en metros cúbicos de material suelto.

Descarga es probablemente la actividad más típica entre aquellas basadas en mano de obra dentro de la ingeniería civil. Este hecho no se refiere al uso de las carretillas o canastas de cabeza, pero sí al vaciado de remolques o camiones no volcables. Por la gran cantidad de problemas experimentados con pequeños remolques volcables operados hidráulicamente, muchos de los proyectos han encontrado que es preferible desarrollar remolques rígidos conformados especialmente, los cuales pueden ser fácilmente vaciados a mano. Las cifras dadas relacionan principalmente con remolques

¹⁶ Para dos bueyes o burros de acarreo.

¹⁷ La distancia a la cual el camión volquete llega a ser más económico depende bastante de las condiciones de la obra y la disponibilidad del equipamiento. Estos deben ser analizados cuidadosamente antes de realizar costosas adquisiciones o contratos de alquiler de largo plazo.

de 3m³ con o sin puerta lateral especial. Sin embargo, son igualmente aplicables a camiones planos o a remolques más grandes, si son diseñados apropiadamente. La descarga es medida en metros cúbicos de material suelto.

Esparcir se refiere por lo general a toda actividad de convertir suelo o grava suelto descargado en una superficie de camino lisa y nivelada. Esto incluye el movimiento de material con palas, azadas, rastrillos y el uso de dispositivos de nivelación tales como la tabla de combadura y cuerdas. Las productividades son similares para el trabajo de formación de la sub-base, donde el material es usualmente obtenido de las cunetas laterales; y para revestimiento, donde el material es traído en remolques o camiones. Por lo tanto, en esta nota no se ha hecho distinción entre estas operaciones. El esparcir puede ser medido en metros cúbicos de material desagregado o en metros cuadrados de material para un grosor especificado.

La *Tabla 4* lista las herramientas manuales típicas usadas por estas actividades.

Tabla 4: Herramientas para cargar, descargar y esparcir

Actividad	Herramientas apropiadas
Cargar	Pala de mango corto o largo
Descargar	Pala de mango corto o largo
Esparcir	Pala, azada, rastrillo, martillo pesado ¹⁸ , tabla de combadura, cuerdas

2.1.5 Compactación

Generalmente no se recomiendan métodos manuales para la compactación de caminos. La mayoría de las investigaciones y experiencias han mostrado que no es posible conseguir un impacto suficiente para obtener alguna diferencia significativa en la densidad del material de pavimento. La compactación debe llevarse a cabo mediante equipo remolcado o autopropulsado; o en algunas circunstancias, el pavimento puede ser dejado abierto al tráfico para su compactación.¹⁹

La compactación manual puede ser usada para el relleno en estructuras de drenaje o en operaciones de mantenimiento (tales como el llenado de baches) usando apisonadoras manuales. El pavimento es mejor compactado con un rodillo vibrador de operación pedestre de 1.25 toneladas o rodillos remolcados con un peso muerto de una o dos toneladas. Las tasas de productividad están dadas tanto para las operaciones manuales, como para las con equipamiento. La compactación manual es especificada en metros cúbicos de material compactado y la compactación con equipamiento en metros cuadrados.

Cuando se especifica equipamiento de compactación, es importante conocer la producción diaria requerida. La mayoría de los proyectos basados en mano de obra producen un máximo de 500 a 1000 metros cuadrados de sub-base o revestimiento por día y el equipamiento debería ser basado en este resultado. El equipo pesado típico de construcción para compactación tendrá una producción mucho mas alta que esta, por lo que será en gran medida subutilizada. Inversamente, el equipamiento de pequeña escala puede demostrar ser muy poco confiable si trabaja ocho horas cada día, todos

¹⁸ Para quebrar trozos de material que sean muy grandes.

¹⁹ El boletín ASIST N° 3, agosto 1994, brinda una visión general de las investigaciones sobre alternativas de compactación.

los días. No está diseñado para eso. En esta situación un equipo de repuesto debe estar disponible, al menos con capacidad suficiente para mantener los índices de utilización por debajo de las cuatro horas diarias.

La *Tabla 5* especifica las herramientas y equipo típicos utilizados para la compactación en los proyectos basados en mano de obra

Tabla 5: Herramientas y equipamiento para compactación

Actividad	Herramientas /Equipamiento	Peso típico de la unidad
Compactación manual	Apisonadora manual	7.5 kg
Compactación con equipo	Rodillo vibrador de operación pedestre	1.25 toneladas
Compactación con equipo	Rodillo remolcado con peso muerto	1.0 – 2.0 toneladas ²⁰
Compactación con equipo	Rodillo vibrador remolcado	600 kg

2.1.6 Colocación de alcantarillas

La colocación de alcantarillas es la más común de las operaciones de drenaje que puede ser especificada como una sola actividad. Actividades más complejas tales como el levantamiento de muros de retención, proporcionar badenes de concreto, o la instalación de pequeños puentes son mejor divididos en sus partes componentes.

Los tipos de alcantarilla pueden variar dramáticamente de país a país y de proyecto a proyecto. Para este ejercicio estamos asumiendo que las tuberías de concreto prefabricadas o las secciones de tubería de fierro galvanizado están listas y disponibles en la obra y que la operación consiste en la excavación, la colocación de material de fondo o lecho, colocación y rellenado de los segmentos de tubería, y la construcción de paredes cabeceras flujo arriba y flujo abajo.

El conjunto típico de herramientas para el equipo de colocación de alcantarillas es mostrado en la *Tabla 6* de abajo.

Tabla 6: Herramientas para colocación de alcantarillas

Herramientas generalmente requeridas para el equipo de colocación de alcantarillas ²¹
Pico y pala para cada uno, mas 5 barras, 5 carretillas, 5 martillos pesados, 5 apisonadoras manuales, barras de nivelación, y cuerdas.

2.2 Métodos de trabajo

En toda la literatura sobre la construcción basada en mano de obra, hay muchas referencias a *trabajo por día*, *trabajo por tarea* y *trabajo por pieza*. Estos son conceptos muy simples, pero desafortunadamente a veces son definidos de diferente manera por diferentes proyectos. Esto puede traer una confusión considerable cuando se compara información de lugares diferentes.

²⁰ Un rodillo de una tonelada no puede producir resultados adecuados para todos los suelos, y puede necesitar compactar capas de 75mm en lugar de 150mm. Un rodillo de dos toneladas es mas confiable, pero es muy pesado para su desplazamiento por animales.

²¹ Todo concreto o mortero puede ser mezclado efectivamente a mano. Sin embargo, donde el concreto de alta calidad es importante, mezcladoras manuales están disponibles. Contacte con ASIST para los detalles.

Trabajo por día significa simplemente que el trabajador es remunerado con una tasa fija por estar presente en la obra durante una jornada completa de trabajo, la cual es generalmente de ocho horas de labor²². La cantidad de trabajo producido depende enteramente de la habilidad del supervisor para estimular al trabajador y de la propia motivación de este y su sentido de responsabilidad. En muchas circunstancias, esto puede conducir a una productividad muy baja, especialmente con personal permanente que no tiene particular incentivo para trabajar fuerte. Saben que se les pagará (generalmente muy poco) si trabajan o no.

Trabajo por pieza es un método de definir el trabajo, generalmente preferido por el sector privado. A los trabajadores se les asigna una cantidad de trabajo por una tasa de pago acordada. El trabajo que realizan es medido, y cuanto más producen, más se les pague. Este enfoque puede dar muy alta productividad, pero también puede resultar en explotación, especialmente cuando la tasa de pago por el trabajo es demasiado baja. Los trabajadores eventuales pocas veces están en una buena posición para negociar tasas favorables. La situación mas peligrosa es cuando los trabajadores tienen que trabajar durante muchas largas horas para conseguir así una tasa salarial de subsistencia.

Trabajo por tarea se desarrolló en proyectos donde los trabajadores estaban sujetos a regulaciones gubernamentales, lo cual significaba que no podían ser remunerados mas allá del sueldo establecido por el gobierno por un día de trabajo. Algún otro incentivo tenía que ser proporcionado. Estableciendo una tarea realista o una cantidad de trabajo a ser completada en un día, significa que los trabajadores pueden trabajar tan duro como ellos lo quieren, y entonces ir a sus hogares y hacer otras cosas. Las tareas generalmente son establecidas para que sean cumplidas en el 70 por ciento de la jornada de trabajo (una jornada de trabajo se asume como un periodo de ocho horas), pero a menudo son completadas en el 50 por ciento del día trabajado (es decir en cuatro horas). Este enfoque ha brindado muchos éxitos en la práctica, por lo general consiguiendo el doble de la cantidad de trabajo en un día; y por inferencia el doble de productividad del trabajador individual, así como reducir los costos a la mitad.

Una variación de la tarea individual es la **tarea por grupo**, donde el trabajo es establecido para grupos de personas en lugar de individuos. Esto es realizado donde la naturaleza del trabajo requiere la cooperación de un equipo, tal como en la excavación y carga de material en los camiones o remolques. No hay una diferencia básica en el concepto, y la cantidad de la tarea generalmente es un simple múltiplo de las tareas individuales del grupo.

El error más común es confundir el trabajo por tarea con el trabajo por pieza, mediante el establecimiento de mas de una tarea por día. Si un proyecto está en una situación donde puede pagar una tasa variable al trabajador de acuerdo a sus resultados, entonces esto puede ser considerado trabajo por pieza. No hay problemas con el establecimiento de tasas de productividad basadas en la tarea diaria recomendada, y entonces pagar por mas trabajo sobre una base *pro rata*. Sin embargo, el proyecto debe entonces establecer exactamente la cantidad de trabajo completada, con la aprobación del trabajador. En este caso el procedimiento debe ser claramente reconocido y denominado como trabajo por pieza. Es recomendable que si se adopta el trabajo por pieza, debe haber un salario mínimo diario claramente reconocido que debe ser pagado si por alguna razón justificable el resultado del trabajador es bajo (es decir la tarea era demasiado difícil). Nunca debe ser necesario trabajar mas de ocho horas en un día para conseguir una salario básico diario.

²² De acuerdo con las importantes Normas Internacionales del Trabajo. Ver Tajgman y de Veen. *Obr.cit*, para una explicación completa de las normas laborales en relación con las obras basadas en mano de obra.

3. TASAS DE PRODUCTIVIDAD

Para producir este documento, fue circulado un cuestionario entre todos los proyectos basados en mano de obra activos en la región de África Sub-Sahara para obtener información sobre sus actuales tasas. Adicionalmente un número de documentos fue consultado para obtener información de proyectos terminados y proyectos en otras regiones. Estas fuentes de información adicional están incluidas en el *Anexo 1*.

Los datos fueron sintetizados para obtener el mejor ajuste con los parámetros acordados y está resumido en el *Anexo 2*. El proceso fue bastante dificultoso dado que los proyectos no usan las mismas definiciones para las actividades, particularmente con respecto a la dificultad de trabajar con diferentes condiciones de suelo. Sin embargo, los promedios de las productividades han sido determinados para una cantidad de países y se presentan mas abajo.

De esta información, se ha calculado el valor de la *mediana*²³ para cada actividad. Para dar a este valor un contexto, hemos incluido la cifra equivalente normal del programa de caminos rurales de acceso de Kenya (RARP). Este programa fue originalmente uno de los mas investigados de la región, y da una muy buena idea de que puede ser conseguido con una supervisión detallada y una fuerza de trabajo bien motivada.

Cuando se usa tasas de productividad, es importante apreciar que, no obstante que pueden ser la base para establecer las tareas, la cantidad actualmente lograda es casi siempre menor que la tarea establecida. Esto puede ser confirmado por una medición posterior al trabajo. Enfermedades, mal tiempo, y obstáculos inesperados, todo ello contribuye a reducir los resultados. Cinco países, a saber Botswana, Ghana, Kenya, Lesotho y Zimbabwe, han conducido recientemente pruebas de campo, midiendo la productividad real sobre tiempo, y estas también han sido sintetizadas para brindar una idea de las contingencias que necesitan ser incluidas en un ejercicio de estimación.

3.1 Limpieza del terreno

Las cifras de la *Tabla 7* son comparadas con una prueba de campo y con la información original del RARP mas abajo (*Tabla 8*). La mediana para la limpieza de vegetación y la de hierbas son muy bajas comparadas con las cifras originales del RARP y con la productividad medida en varias pruebas de campo. En vista de esto y la simplicidad relativa de la actividad, se recomienda cifras un poco más altas que la mediana como punto de partida. La información del desraizado no es suficiente para hacer alguna recomendación. La mayoría de los proyectos parecen confiar en la experiencia del capataz para establecer tareas apropiadas para esta actividad.

²³ El valor de la mediana ha sido usado en lugar del valor promedio, en la medida que el número de datos fue limitado y la mediana excluye los datos extremos u anómalos. El promedio es la suma de un grupo de valores dividido entre su número. La mediana es el valor medio de una serie de cantidades.

Tabla 7: Tasas de limpieza del terreno – datos por país

Promedio de productividad por tipo de vegetación m ² por día de trabajo					
País	Vegetación densa	Vegetación mediana	Vegetación ligera	Limpieza de hierbas	Desenraizar
Botswana	-	750	750	150	-
Camboya	30	60	100	15	0.75
Ghana	-	-	375	375	-
Indonesia	130	175	-	37.5	1
Kenya	50	150	300	100	-
Lesotho	50	100	250	65	-
Tanzania	50	100	250	150	3.5
Zimbabwe	200	-	300	250	-
Estudio BM	-	-	150	15	-
Mediana	50	125	275	100	1

Tabla 8: Tasas de limpieza del terreno – valores recomendados

Promedio de productividad por tipo de vegetación m ² por día de trabajo					
	Vegetación densa	Vegetación mediana	Vegetación ligera	Limpieza de hierbas	Desenraizar
Mediana de los países	50	125	275	100	1
Pruebas de campo	105	209	311	209	-
RARP	320	480	640	175	-
Valor recomendado	100	200	350	175	según experiencia

3.2 Excavación

Las mas altas tasas de productividad para la excavación se dieron en China con tasas de productividad de hasta 9 y 7 m³ por día respectivamente para suelos clasificados como de suave o mediana facilidad de operación. Sin embargo, China está muy bien organizada en esta clase de actividad, y sus trabajadores están acostumbrados a niveles de trabajo, los cuales pueden no ser aceptables en otras regiones del mundo.

Las tasas de productividad de Zimbabwe estuvieron en 6 m³ por día y consistentemente mas alta que otros países en todas las actividades. Los materiales en Zimbabwe no son más fáciles que en otros países de África Central y del Este. Es interesante notar que la información es de un proyecto relativamente nuevo, bajo supervisión y monitoreo cercano. Habiendo dicho eso, los trabajadores estaban cumpliendo sus tareas en un 70 a 80 por ciento de la jornada normal, entonces estos niveles deben ser generalmente asequibles.

Algunas de las cifras de la excavación de rocas son altas y pueden reflejar la carencia de información sobre métodos manuales en esta área, aparte de Lesotho y Nepal.

Tabla 9: Tasas de excavación – datos por país

Promedio de productividad por clasificación de suelos m³ por día de trabajo					
<i>País</i>	<i>Suave</i>	<i>Mediano</i>	<i>Duro</i>	<i>Muy duro</i>	<i>Roca</i>
Botswana	4.15	3.8	2.5	1.9	-
Camboya	2.75	2	1.25	0.75	-
China	9	7.0	3	2	-
Ghana	3.75	3.75	3.75	3.75	-
Indonesia	-	-	2.5	-	-
Kenya	5	3.5	2.25	1.75	0.75
Nepal	4.5	3.5	2.75	1	0.5
Lesotho	-	3.3	2.5	-	0.61
Tanzania	5.5	4.5	4	2.5	-
Zimbabwe	5.5	5.5	4	3.5	2
Estudio BM	6.7	2.1	3	2	1.7
Mediana	5.00	3.50	2.75	2.00	0.75

Los resultados medianas pueden ser comparados con los resultados de recientes pruebas y las tasas de productividad originales del RARP. Es notable que la información de varias pruebas para suelos suaves, medianos y duros está muy dispersa, con cantidades improbablemente altas para suelos muy duros. Esto probablemente refleja una falta de atención a las condiciones de la obra entre los supervisores. En general las tasas establecidas por los proyectos no difieren significativamente de aquellas originalmente desarrolladas en Kenya.

Tabla 10: Tasas de excavación – valores recomendados

Promedio de productividad por clasificación de suelos m² por día de trabajo					
	<i>Suave</i>	<i>Mediano</i>	<i>Duro</i>	<i>Muy duro</i>	<i>Roca</i>
Mediana de los países	5.00	3.50	2.75	2.00	0.75
Pruebas de campo	3.6	3.2	3.45	2.2	0.8
RARP	5.5	4	3	2	-
Valor recomendado	5.0	3.5	3.0	2.0	0.8

3.3 Acarreo

Las tasas de productividad para el acarreo en carretilla parecen haber declinado considerablemente desde el comienzo del programa RARP. Algunos proyectos de caminos ya no usan este enfoque como lo consideran inefectivo, confiando en materiales adyacentes para todos sus requerimientos de relleno. Sin embargo, muchos otros proyectos de infraestructura, particularmente proyectos de conservación de suelos y agua y proyectos urbanos, harán mucho mayor uso de esta actividad.

Tabla 11: Tasas de acarreo en carretillas – datos por país

Tasas para acarreo en carretilla ²⁴ por distancia de acarreo m ³ por día de trabajo						
País	0-20m	20-40m	40-60m	60-80m	80-100m	100-150m
Botswana	8.4	7	6.7	5.6	5.2	4.7
Kenya	10.5	10.5	8	6.5	5.5	4.5
Lesotho	8	6	5	4.5	4	-
Tanzania	11	11	8.25	6.25	5.25	5
Zimbabwe	5	5	5	5	5	4
Mediana	8.4	7	6.7	5.6	5.2	4.6

Por lo tanto, ha sido decidido mantener las tasas recomendadas en el nivel más alto del rango. Estas cantidades son asequibles, pero requieren que la operación sea bien establecida, particularmente en cuanto a las condiciones de la ruta de acarreo. La información del Banco Mundial²⁵ ha demostrado que una pobre ruta de acarreo puede reducir a la mitad la productividad.

Tabla 12: Tasas de acarreo en carretillas – valores recomendados

Tasas para acarreo en carretilla por distancia de acarreo m ³ por día de trabajo						
	0-20m	20-40m	40-60m	60-80m	80-100m	100-150m
Mediana de los países	8.4	7.0	6.7	5.6	5.2	4.6
Pruebas de campo	5.3	4.8	4.6	4.3	4.2	4.1
RARP	13.5	10.5	8.5	6.5	5.5	-
Valor recomendado	8.5	7.0	6.5	5.5	5.0	4.5

La productividad del acarreo con equipamiento depende en gran medida de la eficiencia de los equipos de carga. Sin embargo, la condición de la ruta de acarreo y el tipo de equipo también juegan un importante papel, así como también la organización de las áreas de carga y descarga.

Para ayudar al diseñador, se ha proporcionado una tabla que da el número de viajes que se puede esperar en un día tanto de un camión volquete pequeño, así como de la combinación de un tractor mas dos remolques. Cantidades no han sido incluidas aquí, puesto que esto dependerá de la capacidad del camión (generalmente 5m³ de material suelto) o del remolque (generalmente 3m³ de material suelto)

²⁴ Esto se refiere a una típica carretilla occidental en buenas condiciones. Las carretillas chinas podrían conseguir tasas significativamente más altas.

²⁵ Coukis et al 1983. *Obr.cit.*

Tabla 13: Tasas típicas de acarreo para equipamiento cargado manualmente

Condición de la ruta de acarreo	Buena					Promedio					Pobre				
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Distancia de acarreo (km)	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Viajes por día por camión ²⁶	22	19	16	11	8	18	15	12	8	6	16	12	10	7	5
Viajes por día por combinación tractor / remolque ²⁷	20	12	8	6	4	18	11	6	5	4	16	9	4	4	3

3.4 Cargar, descargar y esparcir

La tasa mediana no difiere marcadamente de aquellas establecidas por el programa original RARP, aunque las pruebas muestran productividades ligeramente más bajas logradas para la carga y el esparcido. Si un remolque volquete hidráulico o camión son usados, entonces la actividad de descarga manual no es requerida.

Tabla 14: Tasas para cargar, descargar y esparcir – datos por país

Tasas de productividad promedio m ³ por día de trabajo			
País	Cargar	Descargar	Esparcir
Botswana	12	-	14
Camboya	8	15.5	5.25
Ghana	6.7	10	-
Kenya	10	9	13.5
Lesotho	5	-	14.25
Tanzania	11	-	15
Zimbabwe	8.5	-	9
Estudio BM	-	-	11
Mediana	8.5	10	13.5

Tabla 15: Tasas para cargar, descargar y esparcir – valores recomendados

Tasas de productividad promedio m ³ por día de trabajo			
	Cargar	Descargar	Esparcir ²⁸
Mediana de los países	8.5	10	13.5
Pruebas de campo	6.5	11	12
RARP	8.5	-	13.5
Valor recomendado	8.5	10	13.5

²⁶ Modificado del *LCU Technical Manual*, Ministry of Works, Reino de Lesotho, mayo 1996.

²⁷ Modificado del *MRP Technical Manual*, 1992. Ministry of Public Works, Republica de Kenya, enero 1992.

²⁸ Las actividades del esparcido son frecuentemente especificadas en metros cuadrados, particularmente si la actividad es esparcir el material excavado de las cunetas laterales para formar la combadura. Si esta medida es preferida, simplemente divida la tasa entre el espesor promedio. De esta manera un espesor promedio típico de 0.15 metros da una tasa de esparcido de 90 m² por día de trabajo.

3.5 Compactación

Datos significativos adicionales no fueron obtenidos de las pruebas sobre compactación manual o con equipamiento. Adicionalmente, una comparación con el RARP no puede ser hecha dado que ellos no usaban tareas para la compactación, sino confiaban en la consolidación del camino mediante el tráfico. Por lo tanto, para este documento, las medianas resultantes abajo, son los valores recomendados. Estas cifras están de acuerdo con los valores esperados de la literatura.

Tabla 16: Tasas de compactación – datos por país y valores recomendados

País	Compactación manual <i>m³ por día de trabajo</i>	Compactación con equipamiento <i>m² por día de rodillo</i>
Camboya	10	-
China	3.2	-
Kenya	7.5	700
Lesotho	15	700
Tanzania	9	700
<i>Mediana</i>	<i>9.0</i>	<i>700</i>
Valor recomendado	9.0	700

Como anotado en la primera sección, la compactación manual es solo recomendada para relleno u otras operaciones menores. No es efectiva para la consolidación de la plataforma. Adicionalmente, los datos de equipamiento deberían ser cambiados si diferentes tipos de equipamiento son usados. Equipamiento vibratorio más pesado necesitará menos pases y el lector está referida a la Tabla F8 de la guía del programa de construcción basada en mano de obra del Banco Mundial o las pautas TRL para la productividad típica de equipamiento de construcción. Inversamente, equipamiento no vibratorio y de peso más bajo puede necesitar más pases o capas de material más finas por pase. Datos existentes del rendimiento de tal equipamiento no es muy confiable, dado que han sido publicados muy pocos ejemplos de pruebas científicas rigurosas²⁹. La mayor parte de equipamiento ligero ha consistido de dispositivos fabricados localmente y por única vez, usados en circunstancias donde las facilidades para las pruebas de suelos no estaban disponibles.

3.6 Colocación de alcantarillas

El RARP no tenía una tasa de metros lineales para la colocación de alcantarillas o una tasa específica para el trabajo de concreto u albañilería, pero algunas pruebas recientes han sido llevados a cabo sobre estas tasas en Kenya, Lesotho y Zimbabwe, mostrando tasas significativamente más bajas logradas para el trabajo de concreto y albañilería. Sin embargo, basándose en otra lectura, es recomendable mantenerse cerca de las tasas especificadas.

²⁹ Boletín ASIST N° 3, agosto 1994, brinda una vista de las investigaciones sobre los equipos ligeros de compactación.

Tabla 17: Tasas para la colocación de alcantarillas – datos por país

País	Actividad		
	Instalación de alcantarillas m por día de trabajo	Concreto m ³ por día de trabajo	Albañilería m ³ por día de trabajo
Camboya	-	1.25	1.25
China	1.2	-	-
Kenya	0.3	1	1.5
Lesotho	1.1	1.75	1.35
Zimbabwe	0.8	0.8	0.75
Mediana	0.9	1.13	1.3

Tabla 18: Tasas para la colocación de alcantarillas – valores recomendados

	Actividad		
	Instalación de alcantarillas m por día de trabajo	Concreto m ³ por día trabajado	Albañilería m ³ por día trabajado
Mediana de los países	0.9	1.13	1.3
Pruebas de campo	0.95	0.6	0.6
Valor recomendado	0.9	1.0	1.0

3.7 Un ejemplo de actividades combinadas

Usando las tasas de productividad de arriba, el ingeniero puede combinar actividades de una operación y derivar combinaciones de trabajadores y equipamiento. Un ejemplo típico de una operación de revestimiento con grava es dado mas abajo. Esta basado en el uso de tractores de 60hp en la combinación dos-remolques-para-un-tractor sobre una ruta de acarreo de calidad promedio con trabajadores funcionando bajo el sistema de *trabajo por tarea*, excavando en material duro.

El ejemplo es del manual técnico del MRP en Kenya, el cual tiene un gran número de tablas útiles para estimaciones de los requerimientos de equipamiento y mano de obra basados en más de veinte años de experiencia.

Tabla 19: Combinaciones típicas de equipamiento/mano de obra para revestimiento

Distancia de acarreo	Cargas por día	Volumen total	Trabajadores por tractor			
			Excavar	Cargar	Descargar	Esparcir
<i>km</i>	<i>unidad</i>	<i>m³ suelto</i>				
0 a 2	18	54	18	7	6	4
2 a 4	11	33	11	4	4	2
4 a 6	7	21	7	3	2	2
6 a 8	5	15	5	2	2	1
8 a 10	4	12	4	2	1	1

3.8 Resumen

El conjunto de tablas de abajo resume los valores recomendados para las diversas actividades.

Tabla 20: Resumen de valores recomendados

LIMPIEZA DEL TERRENO

Productividad promedio por tipo de vegetación m ² por día de trabajo					
	<i>Vegetación densa</i>	<i>Vegetación mediana</i>	<i>Vegetación ligera</i>	<i>Limpieza de hierbas</i>	<i>Desraizado</i>
Valor recomendado	100	200	350	175	según experiencia

EXCAVACIÓN

Productividad promedio por clasificación de suelos m ³ por día de trabajo					
	<i>Suave</i>	<i>Mediano</i>	<i>Duro</i>	<i>Muy duro</i>	<i>Roca</i>
Valor recomendado	5.0	3.5	3.0	2.0	0.8

ACARREO EN CARRETILLA

Tasas de acarreo en carretilla por distancia de acarreo m ³ por día de trabajo						
	<i>0-20m</i>	<i>20-40m</i>	<i>40-60m</i>	<i>60-80m</i>	<i>80-100m</i>	<i>100-150m</i>
Valor recomendado	8.5	7.0	6.5	5.5	5.0	4.5

CARGAR, DESCARGAR Y ESPARCIR

Tasas de productividad promedio m ³ por día del trabajador			
	<i>Cargar</i>	<i>Descargar</i>	<i>Esparcir</i>
Valor recomendado	8.5	10	13.5

COMPACTACIÓN

	Compactación manual	Compactación con equipamiento
	<i>m³ por día de trabajo</i>	<i>m² por día de rodillo</i>
Valor recomendado	9.0	700

COLOCACIÓN DE ALCANTARILLAS

	Instalación de alcantarillas	Concreto	Carpintería
	<i>m³ por día del trabajador</i>	<i>m³ por día del trabajador</i>	<i>m³ por día del trabajador</i>
Valor recomendado	0.9	1.0	1.0

TASAS DE ACARREO TÍPICO PARA EQUIPAMIENTO CARGADO MANUALMENTE

Condición de la ruta de acarreo	Buena					Promedio					Pobre				
	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Distancia de acarreo (km)	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Viajes por día por camión	22	19	16	11	8	18	15	12	8	6	16	12	10	7	5
Viajes por día por combinación tractor/remolque	20	12	8	6	4	18	11	6	5	4	16	9	4	4	3

COMBINACIONES TÍPICAS DE EQUIPAMIENTO/MANO DE OBRA PARA REVESTIMIENTO

Distancia de acarreo	Cargas por día	Volumen total	Trabajadores por tractor			
			Excavar	Cargar	Descargar	Esparcir
<i>km</i>	<i>unidad</i>	<i>m³ suelto</i>				
0 a 2	18	54	18	7	6	4
2 a 4	11	33	11	4	4	2
4 a 6	7	21	7	3	2	2
6 a 8	5	15	5	2	2	1
8 a 10	4	12	4	2	1	1

4. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

Las secciones precedentes han establecido la cantidad promedio de trabajo que puede ser esperada de un trabajador promedio, con una salud razonable, basándose en la información obtenida de muchos proyectos y países. Sin embargo, estas cifras promedio pueden ser afectadas por muchos factores, los cuales están afortunadamente en la mayoría de los casos bajo el control de la gerencia del programa. Las más importantes son:

- Motivación y experiencia de la fuerza de trabajo.
- Organización del trabajo.
- Tipo y condición de las herramientas y equipamiento suministrado al trabajador.
- Monitoreo continuo del rendimiento.

Estos factores son discutidos en las siguientes secciones.

4.1 Motivación y experiencia de la fuerza de trabajo

El Banco Mundial en su estudio primigenio³⁰ elaboró varias tablas intentando resumir las diferencias de productividad observadas entre proyectos y programas teniendo en cuenta la familiaridad del país con los métodos basados en mano de obra (experiencia de organización y de los trabajadores) y el método de pago a los trabajadores (es decir motivación)

En el ejemplo siguiente se utiliza la excavación de un suelo medianamente duro como línea de base (con una tasa de 3.5 m³ por día de trabajo).

Tabla 21: Observaciones sobre la productividad de los trabajadores³¹

Método de pago	Experiencia del país con tecnologías basadas en mano de obra	
	Nuevo enfoque m ³ por día	Larga tradición m ³ por día
Pago diario	0.88 a 2.62	1.75 a 5.25
Trabajo por tarea	1.75 a 5.25	3.5 a 8.75
Trabajo por pieza	3.5 a 10.5	7.0 a 14.0

El rasgo más impresionante es la diferencia por un factor de 16 entre los inexperimentados y presumiblemente muy mal pagados trabajadores por día, y los experimentados trabajadores por pieza. En mitigación de esto, se debe decir que los nuevos trabajadores a menudo encuentran este tipo de trabajo sumamente difícil por las dos primeras semanas, aunque ellos rápidamente desarrollan los músculos requeridos. Entonces las tareas de los trabajadores deben rápidamente moverse hacia la mediana de 3.5 m³. Los trabajadores pagados por día rara vez tienen la motivación para mejorar, y se ha observado incrementos en la productividad de un factor de cuatro, simplemente por la introducción del método de trabajo por tarea a una cuadrilla de trabajadores experimentados pagados por día. Inversamente, los trabajadores por pieza tienden a trabajar efectivamente por largas jornadas si el dinero está disponible. Doce a 14 horas eran ocurrencias comunes observadas en subcontratos en la India.

³⁰ Coukis et al, 1983. *Obr.cit.*

³¹ Esta tabla es tomada directamente del estudio del Banco Mundial, Coukis et al, 1983. *Obr.cit.*, página 180, Tabla 7 - 7.

Aunque el trabajo por pieza da demostrablemente los mejores resultados, tiene sus propios problemas como se ha discutido en la sección 2.2. Sobre una obra de construcción bien organizada y controlada con indicadores fácilmente medibles, existen ventajas reales para todos los involucrados, particularmente si la fuerza de trabajo esta viviendo en un campamento fuera del hogar con la sola motivación de conseguir los máximos ingresos en un tiempo mínimo. Sin embargo, en las obras rurales más típicas, con mano de obra local que tiene intereses privados (particularmente agricultura de subsistencia y cuidado de la familia), el trabajo por tarea ha probado ser una opción mucho mas viable.

Sin embargo, para que el trabajo por tarea funcione correctamente, es esencial establecer el salario diario correcto. Si es mucho mas bajo que el salario en efectivo vigente para obras similares en el área, entonces existe el peligro de que el número de trabajadores que se sientan atraídos sea insuficiente, y la asistencia de aquellos que vengan será poco confiable. Si hay un alto desempleo, o mejor dicho, si hay pocas opciones alternativas de conseguir empleo remunerado (en vez del pago en especie), se ha encontrado que, a pesar de que los trabajadores serán contratados, el bajo salario resultará en una falta de motivación y un desacuerdo con las tasas de tarea normales.

La gerencia responsable debe impedir la situación donde salarios bajo la línea de pobreza estén siendo aceptados por gente desesperada. Por el contrario es importante que los salarios no sean tan altos que distorsionen la economía local. Los proyectos basados en mano de obra rara vez crean empleo permanente y si los trabajadores son atraidos de empleos existentes a tiempo completo en áreas esenciales de agricultura o servicios, entonces la economía local va a sufrir.

Es una práctica usual llevar a cabo un análisis minucioso del mercado laboral en cualquier nuevo área donde los programas basados en mano de obra estén por iniciarse. Este análisis debe establecer el salario básico aceptable, y muy particularmente el índice de inflación por medio del cual se pueda determinar el incremento anual³².

Un problema que debe enfrentar el gerente de la obra es que, debido a que la fuerza de trabajo mejora con la experiencia, existe la tentación de traer la fuerza de trabajo consigo durante la duración del proyecto. La práctica normal es reclutar trabajadores vecinos a las obras y permitir que los trabajadores se vayan a medida que progresa el trabajo. Esto tiene el beneficio de dispersar los ingresos y la adquisición de conocimientos entre los pobladores de la comunidad servida. Por otro lado, manteniendo los mismos trabajadores puede resultar en el establecimiento de campamentos laborales y la alteración de los asentamientos rurales a través del influjo de un relativamente gran número de migrantes ricos. Como compensación se recomienda que la mano de obra no calificada sea desanimada de seguir el proyecto, y campamentos y transporte no deberían suministrarse a menos que la población en el área sea insuficiente. Por otro lado, los individuos con habilidades especiales pueden ser contratados como supervisores, artesanos o futuros trabajadores de mantenimiento.

Si una comunidad tiene suficiente interés en las obras que están siendo llevadas a cabo, debido a que son para su beneficio directo, entonces es posible que la motivación del trabajador sea mucho mas notable. Sin embargo, es difícil programar esto, y cualquier estímulo a la productividad debe mejor ser considerado como un bono en lugar de cómo un factor a ser considerado dentro de las tasas de tarea esperadas. Inversamente, si una fuerza de trabajo está en una condición física muy

³² Sobre esto hay muchos casos documentados donde, a pesar de que han sido establecidos al inicio de un proyecto piloto niveles de salarios minuciosamente investigados, después estos niveles de salarios han sido mantenidos en este nivel por muchos años en países que experimentaban una alta tasa de inflación. En todos los casos el problema ha sido la falta de un mecanismo aceptado para el ajuste de salarios.

pobre debido a la malnutrición, es inapropiado esperar productividades normales. Cualquier proyecto operando en condiciones de hambruna o extrema pobreza debe ajustar sus tasas en concordancia con la situación.

4.2 Organización del trabajo

Este factor se basa enteramente en la capacitación y experiencia del personal de supervisión de la obra, y su importancia no puede ser subestimada. La fuerza laboral de hecho aprenderá rápidamente lo que se espera de ella y, según la experiencia general, entonces trabajará bien y hábilmente. Sin embargo, la dirección inicial puede solo ser dada por los supervisores.

Habiendo dicho esto, tiene que ser reconocido que las tecnologías basadas en mano de obra son muy intensivas en supervisión y sin la continua presencia de supervisión capacitada, los resultados decaerán sustancialmente. La *Tabla 13* establece la variación en tiempos de acarreo de material dependiendo de la calidad de la ruta de acarreo. Esto no es enteramente una medida de las irregularidades de la ruta, sino de la forma de organizar la cantera y la operación de descarga en la obra. Estos factores son muy dependientes de la organización del trabajo. Similarmente, la calidad de la obra declinará si el nivel de supervisión es reducida.

Materiales de capacitación han sido desarrollados por un número de proyectos, los cuales dan una detallada especificación de todas las actividades, como se debería organizar el trabajo, la división de los trabajadores sobre las varias actividades críticas, etc. Estos materiales de capacitación solo pueden ser efectivamente aplicados en conjunción con una obra para capacitación, y este proceso de capacitación de supervisores es un requisito para cualquier operación a gran escala. Una relación de materiales de capacitación apropiados publicados puede ser obtenida de la OIT. Cursos de capacitación cubriendo la gestión de obras de caminos basadas en mano de obra son también proporcionados por el centro de capacitación Kisii (KTC - Kisii Training Centre)³³ en Kenya.

4.3 Especificaciones y mantenimiento de herramientas y equipo

Desafortunadamente, no hay información precisa sobre la magnitud exacta del efecto sobre la productividad de usar herramientas de mala calidad. Estudios recientes³⁴ indican que herramientas de excavación desafiladas o desgastadas pueden reducir los resultados del trabajador en un 25%. Los mangos o agarraderas mal hechos o fijados deficientemente también tienen un efecto significativamente negativo, pero esto no puede medirse cuantitativamente. Sin embargo, los efectos de estos factores sobre la productividad en un proyecto están ocultos por el sistema de trabajo por tarea. Las tasas estándares son establecidas con herramientas de buena calidad al inicio del proyecto. Como la calidad de las herramientas disminuye, los trabajadores tienen que compensarlo aumentando horas para cumplir su tarea diaria. Esto no es justo para la fuerza de trabajo, ni tampoco realista para la efectividad a largo plazo de un proyecto. El efecto global para el proyecto es una gradual disminución en la moral y una caída en los estándares en la medida en que las tareas se hagan mas duras.

El punto resaltante es que si el mango de una herramienta se rompe o si la punta de un pico se desgasta, entonces el trabajador usándola no podrá producir la cantidad de trabajo por día en el

³³ Contacte al director de KIHABT, PO Box 57511, Nairobi, Kenya (Fax, +254-2-534890) para el último detalle de los cursos.

³⁴ IT Transport Ltd. *Effects of worn handtools on worker productivity in labour-based roadworks*. MART Working Paper N° 9. Institute of Development Engineering, Loughborough. 1997. Paul Larcher. *MART questionnaire on tools and equipment*. Proceedings of the 6th Regional Seminar for Labour-based Practitioners. CTP 157 OIT, Ginebra. 1998.

tiempo de que dispone. El trabajador está efectivamente perdiendo tiempo, como con cualquier equipo que no arranque. Como regla general, herramientas deficientes reducen la productividad de un trabajador individual, a largo plazo, por lo menos a la mitad.

La gestión de herramientas debe conseguir dos cosas para asegurar la máxima productividad. Primeramente, se debe especificar y procurar una herramienta manual con la resistencia correcta que responda a los rigores del trabajo de construcción y que no se rompa o doble fácilmente en el trabajo. En segundo lugar, debe haber en el sitio de cualquier obra un sistema de mantenimiento rutinario y reemplazo de herramientas para asegurar que los trabajadores siempre tengan buenas herramientas.

Las especificaciones de las herramientas están detalladas en un buen número de publicaciones, siendo el trabajo definitivo la guía de herramientas y equipamiento de la OIT³⁵. Como se muestra en esta guía, las herramientas agrícolas no son las apropiadas para muchas de las actividades de obras de caminos, y esto hace necesario conseguir un fabricante local para cambiar sus especificaciones. Esta puede ser una opción cara para un reducido periodo de uso, entonces a menudo es necesario importarlas del extranjero. Una alternativa es motivar la producción especializada a pequeña escala utilizando desechos metálicos de automóviles u otros usos industriales. Para artículos fundidos es relativamente fácil para un fabricante cambiar la composición de los metales, mientras el cambiar la forma es mucho más caro.

El mantenimiento de herramientas requerirá un taller en la obra, el cual pueda reemplazar mangos, afilar las herramientas de corte y reparar picos, cinceles y barras. La alternativa es que las herramientas sean reemplazadas regularmente en la obra y enviadas para su mantenimiento correctivo a un depósito central. La peor situación es donde el mantenimiento de herramientas es dejado a la discreción de los usuarios individuales. Esto puede conducir a la aparición de mangos de mala calidad, cabezales de hachas y picos pobremente asegurados y otros horrores que pueden fácilmente resultar en severos accidentes así como en pobres resultados.

4.4 Monitoreo de estándares

Una vez que los estándares son establecidos, es una práctica normal para incorporarlos en los procedimientos de los informes diarios y para confiar al supervisor el establecimiento y verificación de las tareas diarias. Sin embargo, se ha apreciado que, con el tiempo, los supervisores pueden llegar a hastiarse de la elaboración de las medidas detalladas y muchas veces no verifican la cantidad final contra la tarea asignada. Las distancias clavadas son invariablemente conseguidas, pero las cantidades físicas por lo tanto pueden no ser iguales al estándar teórico. En consecuencia, es esencial que personal gerencial de más alto nivel revise periódicamente los logros. Esto significa verificar físicamente los parámetros de la obra, y no sólo lo que dicen las hojas de datos.

Adicionalmente, es a menudo la práctica de los gerentes tomar las tareas establecidas reportadas diariamente para las distintas actividades, y asumir que estas representan el actual resultado del proyecto. Este hábito ha incrementado en operaciones de administración directa donde el pago no estaba relacionado con la producción, sino a las hojas de asistencia. De hecho, las cantidades pocas veces son iguales a la suma de las productividades establecidas. Los obstáculos en la obra, desvío de los trabajadores hacia otras actividades, enfermedades, malas herramientas, tareas mal establecidas; todo esto contribuye a un total falso.

³⁵ *Guide to tools and equipment for labour-based construction*. OIT, Ginebra. 1981.

No se sugiere que cada trabajo finalizado debería ser medido. Esto probablemente sería poner una gran carga sobre el generalmente pequeño equipo de supervisión de un proyecto basado en mano de obra. Al final del día, lo que se requiere es una pieza de infraestructura útil a un precio costo-efectivo. Por lo tanto, se sugiere que el progreso de la obra debe ser seguido en función de ciertos resultados clave. En el caso de caminos, son usualmente los kilómetros de sub-base terminado, kilómetros de grava colocada, y metros lineales de alcantarillas colocadas. Mientras estas cantidades son registradas con precisión en la obra junto con el número de días de trabajo gastados para conseguirlo, una buena medición de los costos y del progreso de la obra será obtenida.

Algunos insumos típicos de varios proyectos están listados en la *Tabla 22*. Estos están basados en recientes evaluaciones y son calculados del total de insumos de trabajadores para completar caminos específicos. Como tal, capturan todas las actividades, incluyendo aquellas no especificadas o establecidas como tareas.

Informes mensuales de tales totales en la obra, dan a la gerencia una excelente herramienta para monitorear el progreso y los problemas. Cada proyecto y programa debe establecer sus insumos promedio para operaciones clave como una prioridad, y verificar éstas contra la productividad de la obra todos los meses.

Tabla 22: Insumo promedio de trabajadores para operaciones completadas

Proyecto	Operación <i>Construcción de</i>	Insumo <i>días de trabajo / km</i>
Botswana ³⁶	Camino de tierra	1,981
Botswana ³⁷	Revestimiento con grava	2,157
Ghana DFR ³⁷	Camino de grava en bajío	1,580
Kenya MRP ³⁸	Camino de tierra en bajío	1,442
Kenya MRP ³⁹	Revestimiento con grava	1,819
Kenya MRP ³⁹	Revestimiento con grava	1,209
Laos LAO/90/MO1/FRG ³⁹	Camino de grava en bajío	2,203
Lesotho LCU ⁴⁰	Camino de grava en bajío	2,645
Lesotho LCU ⁴¹	Camino de grava montañoso	4,400
Zimbabwe LBDU ⁴¹	Camino de grava en bajío	3,260

³⁶ Ver Brudefors, Ulf; Keam, Dave; Strøm, Ørnulf. *LG-117 Labour intensive public works labour-based road programme. Review of technical status*. Ministerio de Gobierno Local, Tierras y Vivienda, Botswana. 1995.

³⁷ Tuffour, AY; Ampadu, KS. *A study of the field performance of selected labourbased contractors in Ghana*. En: *Proceedings of the Fifth Regional Seminar for labour-based practitioners, 22 al 27 de abril. 1996, Accra, Ghana*. Agosto de 1995.

³⁸ *Annual Report for the Road Sector. Julio 1996 – Junio 1997 & Julio 1997 – Junio de 1998*. Ministerio de Obras públicas y Vivienda, Nairobi, Kenya. Noviembre 1998.

³⁹ Due Langaas, Marit. *Laos labour-based rural road construction and maintenance. Internal evaluation*. OIT, Ginebra. 1996.

⁴⁰ Lennartsson, Maria y Stiedl, David. *Technology choice: Man or Machine*. OIT/ASIST, 1995.

ANEXOS

ANEXO 1: BIBLIOGRAFÍA

Nota: Los números de referencia aluden a las citaciones en ASISTDOC, la base de datos bibliográfica de ASIST, la cual está disponible en las oficinas de Harare, Nairobi o Bangkok, y de la página web de ASIST (www.oit.org/asist)

General

Guide to tools and equipment for labour-based road construction. OIT, Ginebra, 1981. Ref. N° 00162

Hamper, J. & Mason, D. et al, *Designs and specifications for a standard trailer and hitch for labour-based works.* Technical Brief No. 1. Tercera edición (revisada). OIT/ASIST Nairobi, Kenia. 1997. Ref. N° 02334

Heavy duty wheelbarrow for labour-based infrastructure works. An illustrated step-by-step guide to its construction. OIT/ASIST, Nairobi. 1997. Ref. N° 09557

Heavy duty wheelbarrow. jigs and fixtures for batch production. OIT/ASIST, Nairobi. 1997. Ref. N° 09570

IT Transport Ltd. *Effects of worn handtools on worker productivity in labour-based roadworks.* MART Working Paper N° 9. Loughborough University of Technology. 1997. Ref. N° 02381

Labour enhanced construction for bituminous surfacings Manual 11, SABITA. 1993. Ref. N° 01591

Larcher, P. *MART questionnaire on tools and equipment.* En: Proceedings of the 6th Regional Seminar for Labour-based Practitioners. OIT, Ginebra, 1998. Ref. N° 02400

Scott Wilson Kirkpatrick & Partners; Brian Woodhead & Co. *Labour Construction Unit: Technical Manual.* Ministry of Works, Lesotho. 1983. Ref. N° 01000

Standardised procedures for the presentation of work plans. OIT, Ginebra, 1990. Ref. N° 03658

Tajgman, D & de Veen, J. *Programas de Infraestructura Intensivos en Empleo: Políticas y Prácticas laborales.* OIT, Ginebra, 2000. Ref. N° 140003

The Labour-Based Technology Source Book. A catalogue of key publications. Fourth (revised) edition. OIT/ASIST, Nairobi. 1998. Ref. N° 07143

Utilizado para tasas de productividad

- Annual Report for the Road Sector. July 1996 - June 1997 & July 1997 - June 1998.* Ministry of Public Works and Housing, Nairobi, Kenya. Noviembre 1998. Ref. N° 27686
- Bentall, PH. *Ghana feeder roads project labour-based rehabilitation and maintenance. Final report.* OIT, Ginebra, 1990. Ref. N° 26023
- Brudefors, U. *LG-34 Labour Intensive Road Programme. Final Report.* OIT, Ginebra, 1991. Ref. N° 22101
- Brudefors, Ulf; Keam, Dave; Strøm, Ørnulf. *LG-117 Labour intensive public works labour-based road programme. Review of technical status.* Ministry of Local Government, Lands and Housing, Botswana. 1995. Ref. N° 22066
- Contract conditions and specifications.* Labour-based Development Unit, Department of Roads, Zimbabwe. 1995.
- Costa et al. *Guidelines for the organisation of special labour-intensive works programme.* OIT, Ginebra, Ref. N° 01637
- Coukis et al. *Labour-based Construction Programs: A practical guide for planning and management.* Banco Mundial. 1983. Ref. N° 00249
- De Veen, JJ. *The Rural Access Road Programme. Appropriate technology in Kenya.* OIT, Ginebra,. 1993. Ref. N° 01245
- Due Langaas, M. *Laos labour-based rural road construction and maintenance. Internal Evaluation.* OIT, Ginebra,. 1996. Ref. N° 43087
- Engdahl, A. *Introduction to labour-intensive methods of road construction and maintenance: Productivity of labour.* Ministry of Local Government, Botswana. 1988. Ref. N° 22087
- Intech Associates. *Minor Roads Programme Technical Manual Volume I.* Ministry of Public Works, Kenya. 1992. Ref. N° 27298
- Intech Associates. *Roads 2000 Works Manual.* Ministry of Public Works, Kenya. 1996. Ref. N° 27448
- IT Transport. *Technical manual for low volume roads upgraded and constructed using labour-based methods in Lesotho.* Ministry of Works, Lesotho. 1996. Ref. N° 28141
- Karlsson, L. *Pilot project on labour-based road construction and maintenance in Thailand. Final Report.* OIT, Ginebra, 1987. Ref. N° 43050
- Karlsson, L. *Pilot project on labour-based road construction and maintenance in Thailand. Compaction by labour compatible equipment.* OIT, Ginebra,. 1987. Ref. N° 43048
- Labour-based rehabilitation proposal for piecework system.* Office of the Prime Minister, Tanzania. 1988. Ref. N° 37189

- Labour-based road construction: Field book for road supervisors.* Department of Feeder Roads, Ghana. 1991. Ref. N° 26030
- Lennartsson, Maria & Stiedl, David. *Technology choice: Man or Machine.* OIT/ASIST. 1995. Ref. N° 42033
- Marshall, J. *District council road unit. Technical Manual.* Ministry of Local Government, and Lands, Botswana. 1987. Ref. N° 22076
- Multi Phi Beta. *Pilot labour intensive road project. Unit rate analysis.* OIT, Indonesia. 1996. Ref. N° 43500
- Norconsult A/S. *Supervision of gravelling backlog and study of labour-based contracting. Contractor training programme. Final report, Volume 1.* Ministry of Works, Kenya. 1994. Ref. N° 27096
- Norconsult A/S. *Supervision of gravelling backlog and study of labour-based contracting. Preliminary results trial site and contractor evaluation.* Ministry of Works, Kenya. 1992. Ref. N° 27381
- Rockbreaking and rock drilling equipment.* Ministry of Works, Lesotho. 1986. Ref. N° 28084
- Scott Wilson Kirkpatrick. *Labour Construction Unit Stage II Report.* Ministry of Works, Lesotho. 1987. Ref. N° 28023
- Taylor, GA. *Manual for estimating labour intensive works in Lesotho.* Ministry of Works, Lesotho. 1987. Ref. N° 28124
- Tuffour, AY; Ampadu, KS. *A Study of the field performance of selected labour-based contractors in Ghana.* In: Proceedings of the 5th Regional Seminar for Labour-based Practitioners. OIT, Ginebra,. 1996. Ref. N° 26044
- Work norms for agricultural and rural roads.* Ministry of Local Government, Nepal. 1998. Ref. N° 43131
- Worknorms of Ningxia water conservancy agency and those adopted by the project.* Project 4071, China. 1992. Ref. N° 43194
- World Bank study of the substitution of labour and equipment in civil construction: A summary of the engineering findings.* Banco Mundial. 1976. Ref. N° 01370

ANEXO 2: DATOS DE PRODUCTIVIDAD POR PAÍS

Datos por país para actividades de limpieza de terreno

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN												
País	Limpieza de vegetación						Otras limpiezas					
	Densa		Mediana		Ligera		Limpieza de hierbas		Desraizado		Eliminación de rocas	
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	Nº	Nº	Nº	Nº
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Botswana				750		750		150				
Camboya	20	40	40	80	80	120	10	20	1	1		
China												
Ghana					350	400	350	400			5	15
India		130	150	200			30	45		1		
Kenya		50		150		300	0	200		Exp		Exp
Lesotho		50		100		250	30	100		1		Tam
Mozambique												
Tanzania		50		100		250		150	2	5	Tam	Tam
Tailandia												
Zimbabwe		200				300	200	300			1	10
Banco Mundial						150		15				
Mínimo	20	40	40	80	80	120	0	15	1	1	1	10
Máximo	20	200	150	750	350	750	350	400	2	5	5	15
Promedio	20	87	95	230	215	315	103	153	1	2	3	13
Mediana	20	50	95	125	215	275	30	150	1	1	3	13
Nº de registros	1	6	2	6	2	8	6	9	2	4	2	2

Tam = depende del tamaño Exp = por experiencia

RESULTADOS ACTUALES													
	Unid.	Botswana		Ghana		Kenya		Lesotho		Mozambique		Zimbabwe	
		Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.
Limpieza													
Densa vegetación	m ²		17.4		33.9		11.3						
Mediana vegetación	m ²		29.2		53.8		27.5						45
Ligera vegetación	m ²		35		64.9		52.5						65
Limpieza de hierbas <20cm	m ²				27.5		31.3						75
Desraizado >20cm	No												
Eliminación de rocas	No												

Hr/tar = Horas por tarea

Datos por país para actividades de excavación

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN PARA EXCAVACIÓN EN METROS CÚBICOS POR TAREA										
País	Suave		Mediano		Duro		Muy duro		Roca	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Botswana	3.8	4.5	3.1	4.5	2.5	2.5	1.9	1.9		
Camboya	2.5	3.0	1.5	2.5	1.0	1.5	0.5	1.0		
China		9.0		7.0		3.0		2.0		
Ghana	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5	3.0	4.5		
Indonesia			1.7	3.5		2.5				
Kenya	4.0	6.0	2.0	5.0	1.5	3.0	1.5	2.0	0.5	1.0
Lesotho	4.0	5.0	3.0	4.0	2.5	3.0	0.5	1.5	0.5	1.5
Mozambique										
Tanzania	5.0	6.0	4.0	5.0	3.5	4.5	2.0	3.0		
Tailandia										
Zimbabwe	5.0	6.0	5.0	6.0	3.0	5.0	3.0	4.0	1.0	3.0
Banco Mundial		6.7		4.2		3.0		2.0		1.7
Mínimo	2.5	3.0	1.5	2.5	1.0	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0
Máximo	5.0	9.0	5.0	7.0	3.5	5.0	3.0	4.5	1.0	3.0
Promedio	3.9	5.6	2.9	4.6	2.4	3.3	1.8	2.4	0.7	1.8
Mediana	4.0	6.0	3.0	4.5	2.5	3.0	1.9	2.0	0.5	1.6
Nº de registros	7	9	8	10	7	10	7	9	3	4

RESULTADOS ACTUALES DE EXCAVACIÓN EN METROS CÚBICOS POR TAREA										
País	Suave		Mediano		Duro		Muy duro		Roca	
	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.	Hr/tar	máx.
Botswana	5.2	3.6	5.2	3.2	5.2	2.9				
Camboya	6.0		6.0		6.0		6.0		6.0	
China	10.0		10.0		10.0		10.0			
Ghana	5.0	4.1	5.0	4.1	5.0	4.1	5.1	4.2		
Indonesia										
Kenya	4.0	3.0	5.0	2.5	5.0	2.0	1.5	1.3	5.0	0.9
Lesotho		3.3		2.9				1.4		0.7
Mozambique										
Tanzania										
Tailandia										
Zimbabwe	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	4.0	5.0	3.0		
Banco Mundial										
Mínimo	4.0	3.0	5.0	2.5	5.0	2.0	1.5	1.3	5.0	0.7
Máximo	10.0	5.0	10.0	4.5	10.0	4.1	10.0	4.2	6.0	0.9
Promedio	5.9	3.8	6.0	3.4	6.0	3.3	5.5	2.5	5.5	0.8
Mediana	5.1	3.6	5.1	3.2	5.1	3.5	5.1	2.2	5.5	0.8
Nº de registros	6	5	6	5	6	4	5	4	2	2

Datos por país para actividades de acarreo

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN PARA ACARREO EN METROS CÚBICOS POR TAREA												
País	0 - 20 m		20 - 40 m		40 - 60 m		60 - 80 m		80 - 100m		100 - 150m	
	<i>mín.</i>	<i>máx.</i>										
Botswana		8.4		7.0		6.7		5.6		5.2		4.7
Camboya												
China												
Ghana												
Indonesia												
Kenya		10.5		10.5		8.0		6.5		5.5		4.5
Lesotho		8.0		6.0		5.0		4.5		4.0		
Mozambique												
Tanzania	10.0	12.0	10.0	12.0	7.5	9.0	6.0	6.5	5.0	5.5		5.0
Tailandia												
Zimbabwe		5.0		5.0		5.0		5.0		5.0		4.0
Banco Mundial												
Mínimo	10.0	5.0	10.0	5.0	7.5	5.0	6.0	4.5	5.0	4.0	0.0	4.0
Máximo	10.0	12.0	10.0	12.0	7.5	9.0	6.0	6.5	5.0	5.5	0.0	5.0
Promedio	10.0	8.8	10.0	8.1	7.5	6.7	6.0	5.6	5.0	5.0	0.0	4.6
Mediana	10.0	8.4	10.0	7.0	7.5	6.7	6.0	5.6	5.0	5.2	0.0	4.6
Nº de registros	1	5	1	5	1	5	1	5	1	5	0	4

RESULTADOS ACTUALES DEL ACARREO EN METROS CÚBICOS POR TAREA												
País	0 - 20 m		20 - 40 m		40 - 60 m		60 - 80 m		80 - 100m		100 - 150m	
	<i>mín.</i>	<i>máx.</i>										
Botswana	5.0	6.0	5.0	5.0	5.0	4.5	5.0	4.0	5.0	3.8	5.0	3.3
Camboya												
China												
Ghana	5.9	4.6	5.9	4.6	5.9	4.6	5.9	4.6	5.9	4.6	5.9	4.6
Indonesia												
Kenya												
Lesotho		3.5		3.5		3.5		3.5		3.5		3.5
Mozambique												
Tanzania												
Tailandia												
Zimbabwe	5.0	9.0	5.0	9.0	5.0	8.0	5.0	7.0	6.0	6.0	6.0	5.0
Banco Mundial												
Mínimo	5.0	3.5	5.0	3.5	5.0	3.5	5.0	3.5	5.0	3.5	5.0	3.3
Máximo	5.9	9.0	5.9	9.0	5.9	8.0	5.9	7.0	6.0	6.0	6.0	5.0
Promedio	5.3	5.8	5.3	5.5	5.3	5.2	5.3	4.8	5.6	4.5	5.6	4.1
Mediana	5.0	5.3	5.0	4.8	5.0	4.6	5.0	4.3	5.9	4.2	5.9	4.1
Nº de registros	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4

Datos por país para actividades de carga, descarga y esparcir

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN													
Cargar, descargar, esparcir	Unid.	Botswana		Camboya		China		Ghana		Indonesia		Kenya	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Cargar suelo	m ³		12	8	12							8	10
Cargar grava	m ³			5	7				6.7			8	10
Descargar suelo	m ³			15	20							8	10
Descargar grava	m ³			12	15				10			8	10
Esparcir suelo	m ³		10	5	7.5							12	15
Esparcir grava	m ²								50		60		
Esparcir suelo	m ³		18	3.5	5							12	15
Esparcir grava	m ²							50	75	35	50		

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN													
Cargar, descargar, esparcir	Unid.	Lesotho		Mozambique		Tanzania		Tailandia		Zimbabwe		Banco Mundial	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Cargar suelo	m ³					12	15						
Cargar grava	m ³		5			7	10			8	9		
Descargar suelo	m ³												
Descargar grava	m ³												
Esparcir suelo	m ³	14	16			15	18			7	10		11
Esparcir grava	m ²		90			60	90						
Esparcir suelo	m ³	12	15				12				10		
Esparcir grava	m ²		60				60						

RESULTADOS ACTUALES													
Cargar, descargar, esparcir	Unid.	Botswana		Camboya		China		Ghana		Indonesia		Kenya	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Cargar suelo	m ³			6								6	9
Cargar grava	m ³			6				6.25	6.5			6	9
Descargar suelo	m ³			6									9
Descargar grava	m ³			6					12.7			6	9
Esparcir suelo	m ³			6									
Esparcir grava	m ²							5.4	91			6	13
Esparcir suelo	m ³			6								6	13
Esparcir grava	m ²							5.8	86				

RESULTADOS ACTUALES													
Cargar, descargar, esparcir	Unid.	Lesotho		Mozambique		Tanzania		Tailandia		Zimbabwe		Banco Mundial	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Cargar suelo	m ³									5	6		
Cargar grava	m ³									5	6		
Descargar suelo	m ³									5	11		
Descargar grava	m ³									5	11		
Esparcir suelo	m ³									5	11		
Esparcir grava	m ²												
Esparcir suelo	m ³									5	11		
Esparcir grava	m ²												

Datos por país para actividades de compactación

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN : APISONADORA MANUAL						
País	Formación m^3		Estructuras m^3		Cuestas m^3	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Botswana						
Camboya	10.0	12.5			7.5	10.0
China		5.7		2.5		1.5
Ghana						
Indonesia						
Kenya			6.0	9.0	6.0	9.0
Lesotho						
Mozambique						
Tanzania	8.0	10.0				
Tailandia						
Zimbabwe						
Banco Mundial						
Mínimo	8.0	5.7	6.0	2.5	6.0	1.5
Máximo	10.0	12.5	6.0	9.0	7.5	10.0
Promedio	9.0	9.4	6.0	5.8	6.8	6.8
Mediana	9.0	10.0	6.0	5.8	6.8	9.0
Nº de registros	2	3	1	2	2	3

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN : COMPACTACIÓN MECÁNICA												
País	Formación m^3		Estructuras m^3		Cuestas m^3		Estructuras m^2		Cuestas m^2		Estructuras m^2	
	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Botswana												
Camboya	75.0	100.0			10.0	13.5						
China		16.7										
Ghana												
Indonesia												
Kenya												
Lesotho	100.0	150.0						700.0				
Mozambique												
Tanzania		140.0						700.0				
Tailandia												
Zimbabwe		250.0										
Banco Mundial	170.0	280.0										
Mínimo	75.0	16.7			10.0	13.5	0.0	700.0				
Máximo	170.0	280.0			10.0	13.5	0.0	700.0				
Promedio	115.0	156.1			10.0	13.5	0.0	700.0				
Mediana	100.0	145.0			10.0	13.5	0.0	700.0				
Nº de registros	3	6			1	1	0	2				

Datos por país para actividades de colocación de alcantarillas

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN													
Compactación	Unid	Botswana		Camboya		China		Ghana		Indonesia		Kenya	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Colocación de alcantarillas													
600mm	m			6	12		1.4						0.33
900mm	m						0.9						0.33
Trabajo de concreto	m ³			1	1.5	0.1	0.2						1
Albañilería en piedra	m ³			1	1.5								1.5

OBJETIVOS DE PRODUCCIÓN													
Compactación	Unid	Lesotho		Mozambique		Tanzania		Tailandia		Zimbabwe		Banco Mundial	
		mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
Colocación de alcantarillas													
600mm	m	1	1.1				0.36			0.5	0.9		
900mm	m												
Trabajo de concreto	m ³	1.5	2							0.6	1		
Albañilería en piedra	m ³	1.2	1.5							0.5	1		

RESULTADOS ACTUALES													
Compactación	Unid	Botswana		Camboya		China		Ghana		Indonesia		Kenya	
		H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.
Colocación de alcantarillas													
600mm	m			7									5
900mm	m												
Trabajo de concreto	m ³			7									6 0.28
Albañilería en piedra	m ³			7									6 0.3

RESULTADOS ACTUALES													
Compactación	Unid	Lesotho		Mozambique		Tanzania		Tailandia		Zimbabwe		Banco Mundial	
		H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.	H/tar	máx.
Colocación de alcantarillas													
600mm	m	7	1								0.9		
900mm	m	7	0.8										
Trabajo de concreto	m ³	7	0.5								1		
Albañilería en piedra	m ³	7	0.5								1		

ANEXO 3: PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA EN OBRAS DE CONSTRUCCIÓN – UNA PERSPECTIVA HISTÓRICA

Por Gary Taylor, IT Transport

No hay, por supuesto, nada nuevo acerca del uso de métodos basados en mano de obra para proyectos de ingeniería mayores. Las grandes construcciones de todos los siglos anteriores al presente fueron totalmente llevada a cabo por mano de obra. Por lo tanto, es interesante comparar los actuales proyectos basados en mano de obra con aquellos de periodos anteriores, particularmente en lo que respecta a la productividad de la mano de obra para operaciones comunes. Sin embargo, es bastante difícil obtener estadísticas acerca de la productividad de la mano de obra en proyectos de ingeniería llevados a cabo hace más de 100 años.

Una de las razones para esto es que muchos proyectos fueron llevados a cabo por mano de obra forzada y los resultados por día no eran algo que se monitoreaba muy cercanamente. Por ejemplo, sabemos por los historiadores que la Gran Pirámide de Egipto fue construida aproximadamente en el año 2500 AC por alrededor de 300,000 hombres, de acuerdo a Diodorus Siculus, ó 100,000 hombres de acuerdo a Herodotus, en aproximadamente veinte años. El tamaño de la base de la pirámide es de 230 metros cuadrados y 147 metros de altura, y se estima que esta construida con 2,300,000 bloques de piedra caliza de entre 2.5 a 15 toneladas cada uno. El gasto de mano de obra invertido en la construcción de la pirámide ha sido calculado (por Lecount⁴¹) como el equivalente a levantar 136 millones de metros cúbicos de piedra a un metro de altura. Esto sugiere una productividad "promedio" de entre 0.1 y 0.3 metros cúbicos de piedra elevada a un metro por día hombre – no una estadística muy útil, y una rodeada por varias incertidumbres sobre el contenido y la continuidad exacto del trabajo!

La Gran Muralla China es otro ejemplo de una obra de ingeniería masiva emprendida y llevada a cabo por métodos intensivos en mano de obra. Los 2,250 kilómetros de largo de la muralla fueron construidos alrededor del año 200 AC y se estima que ocupó a 500,000 trabajadores. La muralla tiene ocho metros de altura y seis metros de ancho y su volumen total es cerca de 100 millones de metros cúbicos. Si la construcción de la muralla tomó, digamos, 20 años, el promedio de productividad de la mano de obra sería alrededor de 0.2 metros cúbicos de piedras elevadas a un metro por día hombre. Esto es probablemente de igual orden de productividad que la Gran Pirámide, pero del mismo modo es difícil tomar estos casos como unidades comparativas con las productividades de los actuales proyectos basados en mano de obra.

La construcción de los canales en Europa y América de finales del siglo XVIII en adelante fue el comienzo de una era de construcción de obras públicas a gran escala basadas en métodos intensivos en mano de obra. Inicialmente, el sistema característico de reclutamiento de la mano de obra era que la contrataban las empresas que se formaban para construir y operar las obras, pagando la mano de obra directamente. Su interés principal era no contratar mano de obra bajo condiciones que, hasta donde fuera posible, ligara a los trabajadores a su puesto de trabajo por el periodo requerido para las obras. Pagaban la mano de obra sobre la base de "días trabajados" y confiaban en los capataces para lograr una alta productividad mediante una supervisión diligente y la imposición de largas horas de trabajo. Consecuentemente, de nuevo es difícil obtener información comparativa sobre la productividad de la mano de obra.

⁴¹ *History of the Railway connecting London and Birmingham*, Lecount, 1839.

Gradualmente hubo un cambio hacia el uso de contratistas, y en la era de la construcción de los grandes ferrocarriles de mediados del siglo diecinueve, aparecieron muchos grandes y exitosos ingenieros civiles contratistas. Esto estuvo acompañado por un avance de parte de los contratistas hacia el uso de incentivos para motivar una alta productividad de parte de su fuerza de trabajo. Estos incentivos variaban, pero el más extendido y exitoso fue el empleo del "trabajo por pieza" — el pago siendo basado en resultados.

En 1864 se informó que en la construcción del Canal de Suez "la mayor parte de la excavación es mediante el *trabajo por pieza*, por lo que se están obteniendo excelentes resultados..."⁴². Esto contrastó con un difícil periodo anterior a 1864 cuando mano de obra forzada fue empleada en la parte inicial del trabajo de construcción.

El uso del trabajo por pieza trajo una mayor atención en los resultados diarios de la mano de obra, y se informó de algunas proezas extraordinarias. Durante la construcción del Canal de Blackstone en Norteamérica, la arena fue removida usando carretillas jaladas por bueyes: seis trabajadores cargaban 50 carretillas por hora⁴³. Asumiendo que cada carretilla contenía por lo menos 0.25 metros cúbicos, esto equivale a una productividad de 2.1 metros cúbicos por hora por hombre, o 16.5 metros cúbicos por hombre por día de ocho horas.

En otra inusual proeza de la mano de obra, tres hombres irlandeses en el Canal Erie excavaron 228 metros cúbicos en cinco días y medio de trabajo. Esto equivale a 14 metros cúbicos por hombre por día. Se informó que éste fue tres veces el promedio normal, lo cual debe haber sido aproximadamente de 4 a 5 metros cúbicos por día hombre. En otra comparación, se esperaba que los esclavos que trabajaban en el Canal de Santee en la década de los 1790s, movían más o menos dos metros cúbicos por día.

Thomas Brassey fue uno de los más exitosos contratistas del ferrocarril Británico, del siglo diecinueve. En determinados periodos de su carrera, él y sus socios dieron empleo a 80,000 personas⁴⁴. Uno de sus agentes proporcionó información precisa sobre la cantidad promedio de trabajo realizado por los "navvies" Ingleses, nombre dado a los trabajadores contratados para las tareas de esfuerzo físico más duro en la construcción del ferrocarril. Él decía que un día de trabajo completo se componía de catorce *sets*⁴⁵. Un "set" es un número de vagones — de hecho un tren. Había dos hombres por vagón. Por lo tanto, cada hombre excavaba y llenaba el equivalente a siete vagones por día. Cada vagón contenía un poco más de dos metros cúbicos. Por lo que cada hombre cargaba más de 14 metros cúbicos por día, y la altura de carga era cerca de 1.8 metros. Además, los "navvies" algunas veces intentaban dieciséis vagones — esto es 16.5 metros cúbicos por hombre por día.

Citando estimados de los principios del siglo XIX, McDermott dijo que "en días de verano un trabajador puede excavar en suelo común y favorable cinco cargas de carretas, o cerca de 5 yardas cúbicas (4.6 metros cúbicos) de tierra"⁴⁶. En una comparación contemporánea entre hombres y máquinas para la construcción de ferrocarriles, el mismo autor estimó que se requerían 100 hombres para excavar 600 yardas cúbicas (550 metros cúbicos por día). Esto equivale a una productividad de 5.5 metros cúbicos por día hombre⁴⁷.

⁴² Sue: *De Lessep's Canal*, John Pudney, 1968 (p.109)

⁴³ *Common Labour; Workers and the Digging of North American Canals 1780 - 1860*, Peter Way, 1993 (p.137)

⁴⁴ *Life and Labours of Mr. Brassey*, Arthur Helps, 1872 (p.160)

⁴⁵ *Ibidem* (p.77)

⁴⁶ *Life and Work of Joseph Firbank*, Frederick Mc Dermott, 1887 (p.25)

⁴⁷ *Ibidem* (p.89)

Evidencias de Mackay, miembro del personal de Brassey, sobre salarios y costos promedio de mano de obra en la contratación de ferrocarriles desde 1843 hasta 1869, revelan que el promedio de productividad para mano de obra en movimiento de tierra en este periodo era entre 5.5 y 6.5 metros cúbicos por día hombre⁴⁸.

Con la información disponible, es difícil conseguir tasas de productividad de mano de obra más exactas. Sin embargo, las cifras citadas con más frecuencia en las obras de ingeniería del siglo diecinueve son del orden de 5 a 6 metros cúbicos por día en obras de excavación.

Es importante recordar el escenario de estas productividades. Contratistas tales como Brassey, subcontrataban la mayor parte del trabajo manual a subcontratistas de exclusivamente mano de obra⁴⁹. Los trabajadores o "navvies" se movían con las obras, viviendo en tiendas de campaña. Sus salarios eran altos en términos comparativos – algo de 2 ó 3 veces más altos que los de los trabajadores agrícolas. Comían bien (y bebían bastante!). Por lo tanto, a pesar de que el trabajo era duro y el terreno generalmente húmedo y arcilloso como en toda Inglaterra, los hombres eran fuertes y bien habituados al trabajo. También, debido a que no estaban trabajando cerca de sus hogares, lo hacían durante largas jornadas – 10 a 12 horas diarias siendo lo típico.

Y Así a los albores del siglo XXI. Para la mayoría de los países en desarrollo, la tecnología basada en mano de obra para obras de infraestructura es todavía la opción mas sensible y viable. En Europa, donde el salario promedio diario para mano de obra no calificada está alrededor de los US\$ 100.00 por día, el uso de métodos basados en equipamiento es claramente apropiado. En los países en desarrollo, por el contrario, con costos de mano de obra muy bajos y altos niveles de desempleo, la tecnología basada en mano de obra todavía conserva un importante título como la tecnología de primera elección.

Sin embargo, aún con costos de mano de obra comparativamente bajos, la eficiencia en los métodos basados en mano de obra es fundamental para su uso continuado en los países en desarrollo. Este documento es una importante contribución hacia el mantenimiento y mejoramiento de la productividad en las obras basadas en mano de obra en todos los países en desarrollo.

⁴⁸ *Work and wages*, Thomas Brassey, 1872 – citado en *The Railway Navvies*, Terry Coleman, 1968 (p.67)

⁴⁹ *Life and Labours...* Obr.cit (p.45)

El presente documento ha sido impreso
en los talleres gráficos



Art Lautrec SRL
Av Paseo de la República 5137 Lima 34 - Perú
Telefax (511) 445 0300
E-mail: artlautrec@infonegocio.net.pe