CONSIDERATIONS FOR THE MANUFACTURE OF CONCRETE PAVING BLOCKS AT ESTABLISHED FACTORIES OR AT AN ON-SITE FACILITY IN DEVELOPING COUNTRIES [1] [2]

John E. CAIRNS
Director
CONCRETE MANUFACTURERS ASSOCIATION OF SOUTH AFRICA - CMA
Benmore, South Africa

Donald MacLEOD
Centre for Policy and Information
DEVELOPMENT BANK OF SOUTHERN AFRICA - DBSA
Halfway House, South Africa

SUMMARY

In South Africa, concrete block paving - CBP has become accepted as an economical, functional and aesthetically pleasing method of construction for both urban and rural roads.

Furthermore, it assists to improve the environment for the local community and also creates tremendous temporary employment opportunities for the community in the method of construction of the roads.

However, the question that is always asked is should the paving blocks be supplied from an established factory or be manufactured on-site which would create additional opportunities and employment for the local community.

This paper will look at all the factors that need to be taken into consideration when analysing the alternative manufacturing options as well as giving recommendations for the correct procedures that should be followed if on-site manufacture is the most viable solution.

1. INTRODUCTION

When considering factory or on-site manufacture, it is generally very easy to obtain quotations for factories which will guarantee the following:

1. A fixed contract price with possibly an agreed escalation formula if the project is over a long period.
2. A product which will meet the project specification.
3. Deliveries which will meet the project construction programme.

When comparing this cost with on-site manufacture, there are a number of issues which must be carefully considered and the actual or potential financial implication on the project must be calculated or estimated.

2. ECONOMICS

When calculating the cost of on-site manufacture, there are many possible "hidden" costs which are not taken into account.

2.1 SITE ESTABLISHMENT

Over and above the costs of purchasing block making machines and mixers, there are a lot of additional costs to be allowed for:

1. The production area should have a concrete floor and a covered roof.
2. The finished product storage area, although not necessarily concrete, must be levelled and of sufficient area for the maximum anticipated stored quantity.
3. Covered storage area for cement which will almost certainly be supplied in bags.
4. Ablution and canteen facilities for the workers including the cost of food to be supplied.
5. Services such as water and electricity (probably generator) to be supplied and running costs allowed for.
6. Laboratory and equipment for testing raw materials and finished products.
7. Offices for management staff.
8. Security fence around the entire property.

2.2 CONCRETE MIX DESIGN

It is not possible to simply assume a mix design as the actual materials to be used and the mixing and compacting conditions will have a large effect on the mix design.

It is essential to carry out trial mixes using the actual materials to be used and using similar mixing and compacting conditions as near as possible to the anticipated mass production conditions.

When carrying out trial mixes, the block strength must be checked at the age when they are likely to be transported to site and not necessarily at 28 d.

In addition, the early strength when the blocks will

---

1 The editors used the International System of Units (SI) in this book of Proceedings, and the comma "," as the Decimal Marker. Each paper is presented first in English and then in Spanish, with the Tables and Figures, in both languages, placed in between. The References are included only in the original version of each paper.

2 This is the original version of this paper.

be removed from the pallets and also the surface texture must be checked.

The cement content can vary by as much as 50 % depending on all of the above which has a tremendous effect on the cost of the product.

2.3 REJECT COST

An estimate must be made for the number of reject blocks which will be produced.

This must include for the high reject figure which can be expected at the start of the production and must also allow for breakages during handling, loading, offloading as well as blocks for daily testing.

A reject figure of 5 % is not abnormally high for this type of operation compared with 0,5 % at an established factory.

2.4 MATERIAL WASTAGE AND SHRINKAGE

Account must be taken of raw material wastage and especially shrinkage. Aggregates and cement used in block making are obviously ideal materials for house building and are greatly sought after in rural areas.

The building of lock-up storage areas and security fences do not necessarily solve the problem. On one project, cement shrinkage was 50 % and most of this did not even get delivered to the factory!

There is also the possibility of shrinkage of the finished product especially during transportation from the factory to the work face.

2.5 TRANSPORT

Although the blocks may be manufactured close to the project, it will still necessitate loading them onto a truck and delivering them to the work face. Transport costs in $R^3/(m^2 \times km)$ are very high for short distances of 0 km to 20 km as most of the time the truck is standing being loaded and unloaded.

The transportation of the blocks can probably be given to a local contractor and create local employment, but it is essential to check the reliability of the trucks as this is a very important link in the chain of events.

2.6 MANAGEMENT FEES

As will be discussed later, if on-site manufacture is the preferred choice, then it is essential that qualified personnel are seconded to the project team to give expert advice on all matters relating to block production including establishment, mix design, manufacture and quality control.

The cost of these experts must obviously be included in the manufacturing costs.

2.7 COMPLETION TIME

Additional manufacturing time must be allowed and the associated costs, for delays which undoubtedly will occur due to one or more of several problems such as:

1. Establishment and start up time.
2. Supply of raw materials.
3. Labour disputes.
4. Productivity.
5. Inclement weather.
6. Machine breakdowns.

The costs of all the above can be substantial and must be taken into account when calculating the manufacturing costs.

3. RAW MATERIALS

Cement will be supplied from an established factory and therefore the quality and supply should not create a problem unless the road between factories is hazardous and likely to cause delays in delivery.

Aggregates will be supplied from the most economical quarry which is generally that which is closest to the site of manufacture as transport constitutes a high percentage of the supplied aggregate cost.

In rural areas this quarry is likely to be fairly unsophisticated and the following needs to be considered:

1. Is the material suitable for the manufacture of CBP?
2. Will the grading of the material be consistent?
3. Can deliveries be guaranteed to match CBP production rates?
4. What are the possibilities of delays due to machine and/or truck breakdowns, labour disputes, inclement weather?

Unless one can be certain that the quarry can meet all of the above requirements, an alternative source should be investigated and a potential additional cost added to the cost of manufacture.

Water is an important raw material in the manufacturing process and in rural areas it cannot be assumed that there will always be a regular supply. It may be advisable to install a stand-by water tank at the manufacturing site.

4. LABOUR

The major reason for considering establishing an on-site production facility, other than economic benefits, is to create employment for the local inhabitants.

In rural areas, generally these people are not used to working regular set hours and at a constant rate of productivity.

On one project, the workers would arrive between 09:00 and 10:00 and leave at 16:00. If there was inclement weather, too hot, too cold or too wet, then they would not arrive for work at all.

[3] R = South African Rand ≈ 0,2 US$.

In calculating labour costs, a lower productivity rate than normally expected in urban areas should be used.

5. MACHINES

Most importantly, the machine must be capable of producing blocks which will meet the product specification. It must also be simple to operate and should not have any sophisticated electrical or electronic panels requiring a high level of expertise to run and maintain.

There are many small machines capable of producing building bricks and blocks, but the strength and tolerances required for these products are far lower than that required for paving blocks.

When calculating the number of machines required, the anticipated productivity rate and potential delays must be considered as well as the planned project completion date.

It has been proven that a pan mixer is the only type of mixer that will give the necessary consistent mix required for good quality CBP.

The cost of mould replacements, which is a fairly high percentage of the machine cost, must be allowed for in the manufacturing costs.

6. QUALITY

It is generally accepted that when considering on-site manufacture, the quality of the paving blocks should not be compromised.

In South Africa, the accepted standard of CBP is in accordance with the South African Bureau of Standards - SABS 1058 - 1985 [1].

In order to ensure that the blocks comply with the specification, it is essential that a small on-site laboratory be established to continuously check on the quality of the raw materials and the finished product.

The cost of establishing and running this facility must be included in the manufacturing costs.

7. MANAGEMENT

In order to ensure that all of the aforementioned is achieved and maintained, it is essential that a project management team with the required expertise is employed on the project. Again, the cost of this management team must be included in the total manufacturing costs.

The areas where expertise must be allowed for are:

1. Establishment of factory.
2. Mix design.
3. Manufacturing.
4. Quality control.

In some of the following case studies the effect of not employing the necessary expertise in one or more of these areas will be highlighted.

8. JOB CREATION

As stated previously, one of the major reasons for considering on-site manufacture is to maximise the creation of local employment on the project.

Early in 1993, a consultant engineer made the following comparison for a roads project in Bophuthatswana. The road was approximately 10 km long and the surfaced width was 12 m: [2]

1. Person x months required to surface road with double seal = 3,25.
2. Person x months required to form kerbs and lay CBP = 307,00.
3. Person x months added if the concrete paving blocks were made on-site by local entrepreneurs = 133,00.

This showed that the labour required in the forming of the kerbs and the laying of the CBP was 2,3 times higher than in the manufacturing process. This figure greatly increases if account is taken of the labour used to produce the CBP at the established factory.

A further argument put forward for on-site manufacture is that on completion of the road project, the machines can easily be converted to produce bricks and blocks much needed for house building.

On one project, the supply of CBP was given to an established manufacturer, but as part of the contract, the manufacturer supplied and established small brick and block making machines and trained the local community to manufacture the products. This was definitely a win-win solution.

9. CASE STUDIES

9.1 PHUTHADITJHABA MAIN ROAD QWA QWA

9.1.1 BACKGROUND TO CONTRACT AND CHOICE OF CONCRETE BLOCK PAVING

The project was to upgrade and surface a total length of 10,9 km of rural gravel roads in Qwa Qwa [3]. These roads linked numerous villages to the then capital and industrial centre of the area, Phuthaditjhaba. The project was funded by the Development Bank of Southern Africa - DBSA.

Tenders were invited for the construction of a conventional bituminous road and for a CBP road, to enable a comparison to be made between the cost and the job creation potential of each alternative.

The tender documents contained certain conditions to encourage the use of labour. Eight contractors priced both options. The successful tender for a CBP road showed a 12,9 % cost premium over the lowest tender for a bituminous road. However, the estimated number of man days of employment (57 000) for the CBP option was more than eight times that for the bituminous road.

The cost premium could have been reduced by redesigning the CBP road earthworks layers, but in

this instance a conservative approach was adopted due to the then uncertainty of the performance of the CBP road. The alternative design simply substituted the bitumen wearing course and base course with 80 mm interlocking blocks laid on 20 mm of bedding sand.

The decision was taken to use CBP because of the high employment creation and also because it was felt that the overall life cost of the CBP road would more than compensate for the higher initial cost.

9.1.2 MANUFACTURE OF BLOCKS

The ability to manufacture the blocks on site does increase the job creation potential of CBP. Careful consideration was given to the advisability of setting up local entrepreneurs in small casting yards to supply the blocks needed for this contract.

Consideration was given to:

1. The sustainability of such enterprises following the completion of the road contract.
2. The quantity and quality of the blocks that were required.
3. The time frame in which the blocks must be provided.
4. The fact that two established large scale block making plants were in operation in Phuthaditjhaba.
5. That the plants were substantial employers in the area.

In the end, it was decided to obtain the blocks and the precast concrete kerbs from one of the existing manufacturers who undertook to increase local employment to serve the road contract and to employ local carriers to deliver the blocks and kerbs to the construction sites.

9.1.3 THE CONTRACT

The contract progressed well. The roadworks and base layers were constructed and consolidated using machinery in a conventional manner. The concrete block paving was laid by hand by local people who were employed and trained by a sub-contractor experienced in this work. One hundred and twenty people were directly involved in the concrete block paving and a further one hundred were employed in work connected with stone pitching and in filling and positioning gabions as part of a large reinforced earth structure that was constructed to carry the road across a sunken river bed.

The contract was completed in January 1995 at which time 79 000 man days of employment had been provided for the local population.

9.2 MAIN ROAD 127 BOSTON-IMPENDLE, KWAZULU-NATAL

9.2.1 BACKGROUND

The road leads to the village of Impendle, which is one of the few villages in KwaZulu-Natal not served by an all weather surfaced road. Largely through the efforts of the community and the fact that the lack of good quality gravels in the area results in high maintenance input, this road was considered for upgrading. The local community forum at Impendle approached the National Economic Forum - NEF to fund the project. It was agreed that the National Provincial Authority - NPA would upgrade the gravel road as part of their ongoing maintenance programme and that the NEF (through the DBSA) would provide the Impendle Community Forum with R5,2 million to manufacture and lay CBP from Boston to Impendle, a distance of ± 12 km.

9.2.2 EARTHWORKS

Work started in earnest in January 1993 with extensive earthworks. The consultants for the earthworks, Strydom, Newmark and Anthony - SNA, redesigned the earthworks and introduced an additional layer. Not only did this add to the cost, but it also reduced the viability of CBP. They also decided that the first 4 km should be surfaced with asphalt, because of the steep slopes (it is interesting to note that even in the South African Bitumen Association - SABITA manual, CBP is recommended in favour of asphalt for steep slopes). It was also decided to widen the road from 7 m to 8 m, again increasing the costs unnecessarily.

9.2.3 MANUFACTURE OF BLOCKS

A block manufacturing operation was set up at Impendle with two Oelschlagers machines, each with a six paver mould. A third machine was later introduced.

A target of 6 500 blocks / (day x machine) was set for the workers. If this was achieved, the workers would each receive R 10,00 for the task completed. However, the target was never achieved. Reasons for this were:

1. The target was unrealistically high in the first place. A target of 4 500 would have been more reasonable.
2. The task payment of R 10,00 was too low and not in line with national norms of R 25,00.
3. The workers were poorly organised, and were not divided into separate tasks. Often the whole labour force would tackle a particular task, complete it, then move onto the next task.
4. Lack of supervision and planning.
5. The "community" set their own rules of work such as:
   - Start work when you arrive, say 9:00 - 10:00.
   - Stop work early, say 16:00.
   - Don't work when it is too cold.
   - Threaten community leaders if they were sacked, or monies withheld.
6. Often cement and materials were not available.

9.2.4 QUALITY OF BLOCKS

The blocks were manufactured using a local sand and crusher dust imported from Pietermaritzburg (± 90 km). Both the Concrete Manufacturers Association - CMA and the Cement and Concrete Institute -C&CI provided technical advice on the manufacture of the product. However, both the sand and the crusher dust had an excess of fines and were poorly graded, resulting in a very porous blocks which was aesthetically unacceptable.

Although under the supervision of the C&CI and CMA, the initial blocks were manufactured which achieved the SABS strengths, the lack of control on-site did not ensure the continued quality of the product.

Over two million pavers were produced, but the consultants were unable to ascertain which blocks complied with the SABS requirements.

It was also established that almost half the cement had been diverted to other usage.

In view of the fact that the quality of the blocks was suspect, and the fact that the earthworks were "over designed" for CBP, the DBSA decided to use the existing blocks on minor roads and to seal the main road with asphalt.

9.3 BELABELA TOWNSHIP, WARMBATHS

9.3.1 BACKGROUND

The project was to construct 14 km of roads of various standards within the township [4]. The work was to be undertaken in various phases over a five year period.

It was recognised from the outset that of critical importance to the success of a project of this nature is the appointment of a project manager (the consultants permanent representative on-site). This position required administration skills, manufacturing skills, construction skills, contractual knowledge and a good working relationships with the workers amongst other things. The responsibility for training, hiring and firing, testing, ordering materials etc., was his and it therefore required a special person, or maybe persons.

9.3.2 MANUFACTURE OF BLOCKS

Two unsophisticated machines and a pan mixer were purchased and set up and produced 800 000 to 1 million blocks per year.

9.3.3 QUALITY OF BLOCKS

When hiring labour, the workers entered into a contract which clearly spelt out the conditions of employment i.e. wages, working hours, benefits etc. To date there have been no labour disputes.

The chosen design strength of the blocks was 40 MPa which is far higher than the SABS 1 058 requirement of 25 MPa. This was to ensure that the blocks met the specification. The actual strengths achieved varied between 28 MPa to 35 MPa at 28 d. Blocks were cured for a minimum of 22 d before laying.

Dimensional and visual checks of the blocks were carried out daily at the factory and blocks were sent to a local laboratory for strength testing.

9.3.4 SUMMARY

Although the cost of the blocks was only marginally cheaper than buying from a nearby established factory, it provided job opportunities for the local community and gave them a feeling of pride in improving the environment around them.

The key to the success of this project was the relationship between local authorities, consultants and the local community and especially the role played by the project manager.

Another township, Mamelodi, brought a sophisticated computer operated, automated block maker for a similar exercise on Mamelodi's roads. The machine has never been run at maximum production - twenty per cent production swamps the capacity of the labour to prepare and lay roadways - net result - the machine is up for sale and the road improvement programme is in jeopardy.

9.4 NEW ROAD TO WADELA TOWNSHIP

9.4.1 BACKGROUND

The new road was to link the existing Wadela Township, near Carletonville with the new township extensions to provide access for buses, taxis and cars to and from the township. It was decided to supply the blocks from a local established factory for the following reasons:

1. The project was a once-off short term project.
2. The established factory was very close to the project.

9.4.2 AGREEMENT

The manufacturing company agreed to provide a 14 d training programme for the local township residents in the art of laying CBP and to provide a full time person to carry out on-site training and supervise the laying contract.

9.4.3 RESULTS

The road CBP completed on time with good quality blocks which were laid in accordance with the specification and created employment and skills for the local community.

10. CONCLUSIONS

There is no definitive conclusions to say that CBP should be supplied from an established factory or manufactured at an on-site facility, but there are

guidelines which must be followed when considering the two alternatives.

1. Generally for a once-off project for constructing a major road in a specified time period, then the supply of the blocks from an established factory is the "safe" option to guarantee a quality product, delivered on time at a known cost.
2. Local community employment can still be created by:
   - The handling and transportation of the blocks to site.
   - Establishing unsophisticated brick and block manufacturing facilities as part of the road project.
3. When considering the on-site manufacturing option, the following must be taken into account and allowed for in the overall costing and decision making process:
   - All "hidden" costs as described must be taken into account.
   - Expertise in all the facets of establishment, manufacture, quality control and management must be employed not only at the outset of the project, but on an on-going basis.
   - The long term viability of the facility.
   - The workforce must enter into an agreed contract and be adequately trained.
   - The finished product must be tested on an on-going (daily) basis to ensure it meets the project specification.

CBP has been proved and accepted as an economical functional and aesthetically pleasing method of road construction which greatly contributes towards the uplifting of the previously underprivileged population of South Africa by creating employment opportunities and improving the environment in which they live.

11. REFERENCES

1. SOUTH AFRICAN BUREAU OF STANDARDS. Standard Specification for Concrete Paving Blocks. -- Pretoria : SABS, 1985. -- 11P. -- (SABS 1 058).
2. MacLEOD, Donald. Concrete Block Paved Roads : The Development Potential. -- Halfway House : DBSA, 1993. -- 30P. -- (Construction and development 8).
3. MacLEOD, Donald. Case Study : Phuthaditjhaba Main Road, Qwa Qwa. -- Halfway House : DBSA, 1997. -- P.v. -- (Construction and development).
4. WYATT, P. Report on Labour Intensive Road Building Project at Belabela Township, Warmbaths. -- South Africa : GFJ Incorporated, Consulting Engineers, 1997. -- P.v.

CONSIDERACIONES SOBRE LA PRODUCCIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO EN PLANTAS ESTABLECIDAS O EN EL SITIO, EN PAÍSES EN DESARROLLO [4] [5]

John E. CAIRNS
Director
ASOCIACIÓN DE MANUFACTUREROS DE CONCRETO DE SURÁFRICA - CMA
Benmore, Suráfrica

Donald MacLEOD
Centro para Políticas e Información
BANCO DE DESARROLLO DEL SUR DEL AFRICA - DBSA
Halfway House, Suráfrica

RESUMEN

La pavimentación con adoquines de concreto se ha aceptado como un sistema de construcción económico, funcional y estéticamente agradable, tanto para vías urbanas como rurales.

Adicionalmente, este sistema ayuda a mejorar el ambiente de las pequeñas comunidades y crea una gran cantidad de oportunidades de empleo temporal para dichas comunidades, en la construcción de las vías.

Sin embargo, siempre se formula la pregunta de si los adoquines de concreto los debe suministrar una fábrica establecida o se deben producir en el sitio lo cual crea oportunidades de trabajo adicionales para la comunidad local.

Este documento presenta los factores que se deben tener en cuenta cuando se analizan las alternativas

4 Los editores utilizaron el Sistema Internacional de Unidades (SI) en estas Memorias, y la coma "," como Puntuación Decimal. Cada ponencia se presenta primero en Inglés y luego en Español, con las Tablas y Figuras, en ambos idiomas, colocadas en medio de ellas. La Bibliografía se incluye solo en la versión original de cada ponencia.

5 Esta es una traducción de la ponencia original escrita en Inglés, realizada por Germán G. Madrid, no sometida a la aprobación del autor.

de producción y se recomiendan los procedimientos que se deben seguir para hacer de la producción en el sitio una solución viable.

1. INTRODUCCIÓN

Cuando se pone en consideración la producción en planta o en el sitio, generalmente se obtienen cotizaciones de las plantas que garantizan lo siguiente:

1. Un precio fijo para el contrato, con cláusulas especiales por si el proyecto se prolonga en el tiempo.
2. El producto cumplirá las especificaciones determinadas para el proyecto.
3. Los envíos se harán de acuerdo con la programación de la obra.

Cuando se comparan estos costos con los costos de la producción en el sito, se deben considerar otros factores, y se debe calcular o estimar la manera como influyen financieramente de manera real o potencial.

2. ECONOMÍA

Cuando se calculan los costos de producción en el sitio, pueden existir muchos costos "escondidos" que no se toman en cuenta regularmente:

2.1 ESTABLECIMIENTO EN SITIO

Además, y muy por encima, de los costos de compra de las máquinas para la producción de adoquines y las mezcladoras, existen una gran cantidad de costos adicionales que se deben considerar:

1. Un área de producción, techada y con piso de concreto.
2. Un área para almacenamiento de producto terminado, que aunque no necesariamente debe tener un piso de concreto, éste debe estar nivelado y debe tener un área suficiente para la cantidad de almacenamiento máxima anticipada.
3. Un área techada para el almacenamiento de cemento, el cual, casi que con seguridad, se suministrará en sacos.
4. Áreas de servicios sanitarios y de alimentación para los trabajadores, incluyendo el costo del suministro de los alimentos.
5. Servicios públicos como agua, energía (un generador cuando fuera necesario), considerando tanto los costos de instalación como los de suministro.
6. Instalaciones y equipos de laboratorio para la evaluación de materias primas y productos terminados.
7. Oficinas de administración
8. Cercado de seguridad alrededor de toda la instalación.

2.2 DISEÑO DE LA MEZCLA DE CONCRETO

No es posible asumir un diseño de mezcla preestablecido, ya que los materiales que se van a utilizar y las condiciones de compactación particulares tendrán un gran efecto sobre dicho diseño.

Es fundamental elaborar muestras de ensayo con los materiales reales, utilizando sistemas y condiciones de mezclado y compactación, tan similares como sean posibles a las condiciones de producción masiva que se vayan a tener.

Cuando se elaboran dichas muestras de ensayo, la resistencia de los adoquines se debe evaluar a la edad a la cual se van a transportar a la obra, no necesariamente a los 28 d.

Adicionalmente, se debe verificar la resistencia temprana para el momento cuando los adoquines se van a remover de las placas, así mismo como la textura superficial.

El contenido de cemento puede variar hasta en un 50 % dependiendo de lo dicho anteriormente, lo cual tiene un efecto tremendo sobre el costo del producto.

2.3 COSTOS POR RECHAZOS

Se debe estimar el costo de los adoquines que se van a producir y luego van a ser rechazados.

Éste se debe calcular con la mayor cantidad de rechazos esperados al comienzo de la producción y debe tener en cuenta los adoquines quebrados durante el manejo, carga y descarga, así como los consumidos en los ensayos de calidad diarios.

Una cantidad de rechazos del 5 % no se considera anormalmente alta, comparada con el 0,5 % que se espera para una planta establecida.

2.4 DESPERDICIO DE MATERIAL Y PÉRDIDA

Es necesario tener en cuenta el desperdicio y, en especial, la pérdida de material. Los agregados y el cemento utilizados para la elaboración de adoquines de concreto son, obviamente, materiales ideales para la construcción de vivienda, y son bastante perseguidos en algunas áreas rurales.

La construcción de áreas de almacenamiento con cerraduras y de cercas de seguridad, no necesariamente solucionan el problema. En un proyecto, la pérdida de cemento fue del 50 % y la mayoría de este ¡ni siquiera llegó a la planta!.

También existe la posibilidad de la pérdida de producto terminado especialmente durante el transporte de la planta a frente de avance de la obra.

2.5 TRANSPORTE

Si bien los adoquines de concreto se pueden producir cerca al proyecto, será necesario cargarlos en un camión y enviarlos al frente de colocación. El costo de transporte, en R[6] por metro cuadrado y por kilómetro, es muy alto para distancias cortas,

6 R = Rand Suraficano ≈ 0,2 US$.

hasta de 20 km, puesto que la mayor parte del tiempo el camión estará detenido cargando o descargando.

El transporte de los adoquines se podrá contratar con un transportador local para generar más empleo en la zona, pero resulta esencial verificar la confiabilidad de los camiones así como la posibilidad de concatenar los eventos.

2.6 COSTOS DE ADMINISTRACIÓN

Tal y como se discutirá más adelante, cuando la fabricación en el sitio es la alternativa escogida, es necesario contar con personal calificado que secunde el equipo de trabajo del proyecto y que los pueda aconsejar en asuntos como la producción de los adoquines de concreto, y en renglones como la definición de la planta, el diseño de mezclas, la producción y el control de calidad.

El costo de estos expertos se debe incluir, por supuesto, en los costos de producción.

2.7 TIEMPO DE ENTREGA

Adicional al tiempo de producción, se debe tener en cuenta el costo y el tiempo adicional asociado con las demoras que inexorablemente ocurrirán debido a uno o varios de los siguiente problemas:

1. Organización de la planta y período de arranque.
2. Suministro de materias primas.
3. Conflictos laborales.
4. Productividad.
5. Clima desfavorable.
6. Daños en la maquinaria.

Dichos costos pueden llegar a ser substanciales y se deben tener en cuenta cuando se calculan los costos de producción.

3. MATERIAS PRIMAS

El cemento se suministrará desde una planta establecida y, por lo tanto, su calidad y suministro no deben tener problema a no ser que la carretera entre ambas plantas seas peligrosa y tienda a ocasionar demoras en los envíos.

Los agregados se suministrarán desde la fuente más económica que es, por lo general, la más cercana a la planta de producción, puesto que el transporte constituye un alto porcentaje del costo del agregado puesto en la planta.

En zonas rurales las fuentes de agregados tienen a ser poco sofisticadas, por cual se hace necesario poner en consideración lo siguiente:

1. Es el material el adecuado para elaborar adoquines de concreto?
2. La granulometría del material será consistente en el tiempo?
3. Se pueden garantizar los despachos de modo que se cumpla con la rata de producción?
4. Cuales son las posibilidades de demoras debido a daños de la máquina o de los camiones, disputas laborales o clima inclemente?

A no ser que se pueda estar seguro de que la fuente puede cumplir los requisitos anteriores, se debe buscar una fuente alterna y considerar unos costos adicionales potenciales al costo de producción.

El agua es una materia prima importante en el proceso de producción en áreas rurales, y no se puede asumir que siempre se tendrá un suministro constante. Puede ser aconsejable la instalación de un tanque de almacenamiento de agua para emergencias en la planta de producción.

4. MANO DE OBRA

La principal razón para considerar el establecimiento de una planta de producción de adoquines de concreto en el sitio, además de los beneficios económicos, es la de la creación de empleo para los habitantes locales.

En áreas rurales, por lo general, la gente no está acostumbrada a trabajar un número de horas fijo y a una rata de producción constante.

En un proyecto, los trabajadores entraban entre las 09:00 y las 10:00 y salían a las 16:00. Si el clima era inclemente, demasiado caliente, frío o húmedo, no iban a trabajar.

Al calcular los costos de mano de obra, se debe asumir un rendimiento menor que el que se espera para áreas urbanas.

5. MÁQUINAS

De la mayor importancia es que la máquina sea capaz de producir adoquines de concreto que cumplan con la norma o especificación del producto. Al mismo tiempo debe ser sencilla de operar y no debe tener paneles sofisticados, eléctricos o electrónicos, que requieran un alto nivel de capacitación para manejarlos y darles mantenimiento.

Existen muchas máquinas pequeñas capaces de producir ladrillos y bloques para construcción, pero la resistencia y la tolerancia requeridas para esos productos son mucho menores que las que deben tener los adoquines de concreto.

Al calcular el número de máquinas requeridas, se debe tener en cuenta la rata de producción que se pueda anticipar y los retrasos potenciales, así como la fecha esperada para la terminación del proyecto.

Se ha probado que una amasadora es el único tipo de mezcladora que proporciona una mezcla consistente como la requerida para la fabricación de adoquines de concreto.

El costo de reemplazo de los moldes, que puede ser un alto porcentaje del costo de la máquina, también se debe incluir entre los costos de producción.

6. CALIDAD

Generalmente se acepta que cuando se trata de producción de adoquines de concreto en el sitio, no se debe comprometer o disminuir la calidad de los mismos.

En Suráfrica, la norma aceptada para adoquines de concreto es la SABS 1058 - 1985 [1] del Buró de Normalización Surafricano - SABS.

Con el fin de asegurar que los adoquines de concreto cumplen con dicha norma, es esencial establecer un pequeño laboratorio en la planta para poder verificar, de manera continua, la calidad de las materias primas y el producto terminado.

El costo de establecer y operar este laboratorio se debe incluir en los costos de producción.

7. ADMINISTRACIÓN

Con el fin de poder asegurar de que todo lo dicho se alcanza y se mantiene en el tiempo, es esencial que se tenga un equipo administrativo con la experiencia necesaria. De nuevo, los costos de este equipo se deben incluir en los costos totales de producción.

Las áreas en las cuales este equipo debe estar capacitado son:

1. Establecimiento de la planta.
2. Diseño de mezclas
3. Producción
4. Control de calidad.

En algunos de los casos para estudio que se expondrán a continuación se resaltarán los efectos de no utilizar, en una o más área, personas con la capacitación adecuada.

8. CREACIÓN DE EMPLEO

Tal y como se dijo anteriormente, una de las principales razones para considerar la producción en el sitio es el llevar al máximo al creación de empleo local en dicho proyecto.

A comienzos de 1993, un ingeniero consultor hizo la siguiente comparación en un proyecto de vía en Bophuthatswana. La carretera tenía aproximadamente 10 km de largo y 12 m de ancho: [2]

1. Personas x mes requeridas para recubrir la vía con un sello doble = 3,25.
2. Personas x mes requeridas para elaborar los bordillos y colocar los adoquines de concreto = 307,00.
3. Personas x mes adicionadas si los adoquines de concreto se fabricaban en el sitio por parte de empresarios locales = 133,00.

Esto mostró como la mano de obra requerida para elaborar los bordillos y colocar los adoquines de concreto fue 2,3 veces mayor que la requerida para el proceso de producción. Esta relación se incrementa todavía más si se considera la mano de obra necesaria para producir los adoquines de concreto en una planta establecida.

Un argumento del lado de la producción en el sitio es que después de terminado el proyecto vial, las máquinas se pueden transformar fácilmente para que produzcan ladrillos y bloques, muy necesitados para la construcción de vivienda.

En un proyecto, el suministro de adoquines de concreto se le entregó a un productor establecido pero, como parte del contrato se exigió que dicho productor estableciera máquinas pequeñas para la producción de bloques y ladrillos y entrenara a la comunidad local para su producción. Esta fue una solución en la cual ambas partes ganaron.

9. CASOS PARA ESTUDIO

9.1 CARRETERA PRINCIPAL EN PHUTHADITJHABA, QWA QWA

9.1.1 ANTECEDENTES DEL CONTRATO Y ELECCIÓN DE LA PAVIMENTACIÓN CON ADOQUINES DE CONCRETO

El proyecto se trataba de la mejora y el recubrimiento de 10,9 km de carreteras rurales abiertas en Qwa Qwa [3]. Estas carreteras unían varias poblaciones a Phuthditjhaba, la entonces capital y centro industrial del área. Dicho proyecto contaba con recursos del Banco de Desarrollo del Sur del África - DBSA.

Se licitó alternativamente la construcción de una vía convencional de asfalto y de pavimentos de adoquines de concreto, con el fin de poder establecer una comparación entre los costos y el potencial de generación de mano de obra de ambas alternativas.

Los pliegos de la licitación contenían ciertas condiciones para motivar el uso de mano de obra. Ocho contratistas presentaron sus propuestas. El ganador que presentó una alternativa en pavimento de adoquines de concreto mostró un coto mayor en 12,9 % sobre la alternativa más barata en asfalto. Sin embargo, el número de días-hombre empleado (57 000) para la alternativa de pavimentación con adoquines de concreto fue de más de 8 veces la de la alternativa de asfalto.

Este sobrecosto se pudo haber reducido al rediseñar las capas de base del pavimento de adoquines de concreto, pero se decidió por una aproximación conservadora dada la inseguridad que se tenía entonces en cuanto al comportamientos de una carretera con pavimento de adoquines de concreto. Este diseño alternativo simplemente reemplazó la rodadura de adoquines y una base asfáltica por adoquines de concreto de 80 mm de espesor, colocados sobre 20 mm de capa de arena.

Se decidió por la utilización de pavimentos de adoquines de concreto debido a la alta generación de empleo y porque se sintió que el costo total para la vida útil del pavimento de adoquines de concreto, compensaría más que suficientemente los mayores costos iniciales.

9.1.2 PRODUCCIÓN DE LOS ADOQUINES DE CONCRETO

La capacidad de producción de los adoquines de concreto en el sitio incrementa el potencial de reacción de empleo de los pavimentos de adoquines de concreto. En este caso se dio especial consideración a la creación de pequeñas empresas en pequeñas plantas prefabricadoras para suministrar los adoquines de concreto necesarios para el contrato.

Se tuvo en cuenta:

1. La sostenibilidad de dichas empresas una vez se hubiera terminado el contrato para la carretera.
2. La cantidad y calidad de los adoquines que se necesitaban.
3. El período dentro del cual se deberían suministrar los adoquines.
4. El hecho de que ya existían dos plantas de gran escala establecidas y en operación en Phuthaditjhaba.
5. Que las plantas operaran como empleadores de importancia en el área.

Al final, se decidió comprar los adoquines de concreto y los bordillos a uno de los productores comerciales en el área, que decidió aumentar su número de empleados para atender el contrato y contratar con transportadores locales el despacho de los adoquines y los bordillos al frente de construcción.

9.1.3 EL CONTRATO

El contrato avanzó de manera adecuada. La subrasante y las capas de base se consolidaron mediante equipo y procedimientos convencionales. El pavimento de adoquines de concreto se colocó a mano por habitantes de la región, los cuales fueron contratados y entrenados por un contratista con experiencia en estos trabajos. Ciento veinte personas estuvieron involucrados directamente en la pavimentación con adoquines de concreto y cien adicionales en trabajos relacionados con la recolección de piedras y el llenado de gaviones como parte de un una gran estructura de tierra reforzada que se construyó para que la carretera pudiera atravesar la depresión de un río.

El contrato se terminó en enero de 1995 después de 79 000 dias-hombre de trabajo, suministrado por la población local.

9.2 CARRETERA PRINCIPAL 127 BOSTON-IMPENDLE, KWAZULU-NATAL

9.2.1 ANTECEDENTES

Esta carretera lleva a la población de Impendle, que es una de las pocas que en la provincia de KwaZulu-Natal no tiene acceso por una vía para todo clima (pavimentada). Debido en gran parte a los esfuerzos de la comunidad y al hecho de que la falta de buenas gravas en el área lleva a la necesidad de un alto mantenimiento, se decidió la reconstrucción y mejora de la vía. El Foro de la Comunidad de Impendle solicitó al Foro Económico Nacional - NEF, que financiara el proyecto. Se acordó que la Autoridad Provincial Nacional - NPA mejorara la vía en grava como parte del programa de mantenimiento, y que el NEF (a través del DBSA) le suministrara al Foro de la Comunidad de Impendle, R 5 200 000 para la elaboración y colocación del pavimento de adoquines de concreto desde Boston hasta Impendle, una distancia de ± 12 km.

9.2.2 MOVIMIENTO DE TIERRA

Los trabajos comenzaron en definitivo en enero de 1993 con grandes movimientos de tierra. Los consultores en este tema, Strydom, Newmark and Anthony - SNA, rediseñaron las bases para colocar una capa adicional. Ésto no solo aumentó los costos sino que redujo la viabilidad del pavimento de adoquines de concreto. Además, decidieron que los primeros 4 km se debían recubrir con asfalto, debido a las grandes pendientes (es interesante anotar que aún en el manual de la Asociación Surafricana del Asfalto - SABIA, se recomiendan los adoquines de concreto más que el asfalto para pendientes fuertes). Además se decidió ampliar la sección de la vía de 7 m a 8 m, lo que, de nuevo, aumentó los costos del proyecto de manera innecesaria.

9.2.3 PRODUCCIÓN DE LOS ADOQUINES

Se instaló una planta de producción en Impendle con dos máquinas Oelschlagers, cada una con un molde para seis adoquines. Una tercera máquina se introdujo posteriormente.

Se le definió a los obreros un rendimiento esperado de 6 500 adoquines / (día x máquina). Si lo alcanzaban, cada obrero recibiría R 10,00. Sin embargo, nunca se alcanzó dicho rendimiento, por las siguientes razones:

1. El rendimiento esperado era irrealmente alto, en primer lugar. Un rendimiento de 4 500 habría sido más razonable.
2. La recompensa de R 10,00 era muy baja, y fuera de proporción con las normas nacionales de R 25,00.
3. La planta estaba pobremente organizada y no se dividió el trabajo en tareas específicas. Con frecuencia toda la fuerza de trabajo se dedicaba a una tarea específica, la completaba, y luego emprendía otra.
4. Hubo falta de supervisión y planeación.
5. La "comunidad" definió sus propias reglas de trabajo como:
   - El trabajo comienza cuando usted llega, es decir entre 9:00 y 10:00.
   - Termine de trabajar temprano, es decir a las 16:00.
   - No trabaje cuando está muy frío.
   - Advierta a los líderes comunitarios si se les persigue o si se retiene el pago.

6. Con frecuencia los materiales, como el cemento, no estaban disponibles.

9.2.4 CALIDAD DE LOS ADOQUINES

Los adoquines se produjeron con arena locales y un triturado fino traído de Pietermaritzburg (± 90 km). Tanto la Asociación de Manufactureros de Concreto (de Suráfrica) - CMA como el Instituto del Cemento y el Concreto - C&CI suministraron asistencia técnica para la producción de los adoquines. Sin embargo, tanto la arena como el triturado fino tenían exceso de finos y una gradación pobre, lo cual dio como resultado adoquines muy porosos, estéticamente inaceptables.

Aunque se contaba con la supervisión del C&CI y la CMA, y que los primeros adoquines fabricados cumplieron con las resistencias requeridas por el SABS, la falta de control en el sitio no permitió la continuidad en la calidad del producto.

Se produjeron más de dos millones de adoquines, pero los consultores fueron incapaces de decir cuáles adoquines cumplían con los requisitos del SABS.

También se pudo establecer que casi la mitad del cemento se había desviado para otros usos.

Debido al hecho de que la calidad de los adoquines era sospechosa, y de que las capas de base estaban "sobrediseñadas" para un pavimento de adoquines de concreto, el DBSA decidió utilizar los adoquines producidos en vías menores y sellar la vía principal con asfalto.

9.3 POBLACIÓN DE BELABELA, WARMBATHS

9.3.1 ANTECEDENTES

El proyecto consistió en construir 14 km de vías de varios tipos dentro de la población [4]. Los trabajos se deberían acometer en varias fases durante un período de cinco años.

Se reconoció desde el comienzo, que lo más importante para el éxito de un proyecto de esta naturaleza es la designación de un Administrador del Proyecto (representante permanente de los consultores en la obra). Este puesto requería conocimientos de administración, producción, construcción, contratación y buenas relaciones con los obreros, entre otras cosas. Tendría, además, la responsabilidad de entrenar, contratar y despedir los trabajadores; hacer pedidos y ensayar los materiales; por lo cual se requería una persona muy singular, o posiblemente varias personas.

9.3.2 PRODUCCIÓN DE LOS ADOQUINES

Se compraron dos máquinas poco sofisticadas y una mezcladora amasadora, que produjeron de 800 000 a un millón de adoquines por año.

9.3.3 CALIDAD DE LOS ADOQUINES

Cuando se contrató la mano de obra, los trabajadores firmaron un contrato donde claramente se especificaban las condiciones del empleo, i.e. salario, horario de trabajo, beneficios adicionales, etc. A la fecha no se han tenido disputas laborales.

La resistencia a la compresión de diseño especificada par los adoquines fue de 40 MPa que es mucho mayor que los 25 MPa especificados por la norma SABS 1 058. Esto se hizo para asegurar que los adoquines cumplieran la especificación. Las resistencias reales alcanzadas variaron entre 28 MPa y 35 MPa a 28 d. Los adoquines se curaron por un mínimo de 22 d antes de ser colocados.

La verificación dimensional y visual de los adoquines se llevó a cabo diariamente en la planta y los adoquines se llevaron a un laboratorio local para evaluar su resistencia.

9.3.4 RESUMEN

Aunque el costo de producir los adoquines fue tan solo marginalmente menor que el de haberlos comprado a una planta comercial cercana, este tipo de producción comunitaria generó oportunidades de trabajo para la comunidad local y les dio un sentido de orgullo por la mejora del medio circundante.

La clave para el éxito de este proyecto fue la relación existente entre las autoridades locales, los consultores y la comunidad y, en especial, el papel desempeñado por el administrador del proyecto.

Otra población, Mamelodi, compró una productora de adoquines sofisticada, automática, operada por computadora, para un proyecto similar en sus vías. Dicha máquina nunca funcionó a su máxima capacidad de producción - al 20 % copaba la capacidad de los obreros para preparar la vía y colocar el pavimento, con el resultado de que la máquina está a la venta y el programa de mejoramiento de las vías está amenazado.

9.4 NUEVA CARRETERA A LA POBLACIÓN DE WADELA

9.4.1 ANTECEDENTES

La nueva carretera debía unir la población existente de Wadela, cerca a Carletonville, con los nuevos barrios y brindar acceso a buses, taxis y automóviles que viajaban desde y hacia la población. Se decidió suministrar los adoquines desde una planta comercial por las siguientes razones:

1. El proyecto era de corto plazo y sin continuidad.
2. La planta comercial estaba muy cercana al proyecto.

9.4.2 ACUERDOS

El productor de adoquines aceptó brindar un programa de entrenamiento de 14 d de duración, sobre el arte de colocar adoquines de concreto, para los residentes en la población, y colocar una persona

de tiempo completo para entrenamiento y supervisión del contrato de colocación, en la obra.

9.4.3 RESULTADOS

La vía pavimentada con adoquines de concreto se terminó a tiempo, con adoquines de buena calidad, colocados de acuerdo con las especificaciones y se creó empleo y capacitación para la comunidad.

10. CONCLUSIONES

No es posible decir, como conclusión, que los adoquines de concreto se deben suministrar siempre desde una planta comercial o se deben hacer en el sitio, pero si se han establecido guías que se deben seguir al poner en consideración ambas alternativas, así:

1. Generalmente para la construcción de un proyecto único, para una carretera principal, en un período de tiempo determinado, el suministro de los adoquines de concreto desde una planta comercial es la opción "segura" para garantizar la calidad del producto, despachado a tiempo y a un costo establecido.
   - Aún en estas condiciones, se puede generar empleo para la comunidad en:
   - El manejo y transporte de los adoquines al sitio de colocación.
2. El establecimiento de una productora de ladrillos y bloques de concreto, no sofisticada, como parte del proyecto.
3. Cuando se pone en consideración la opción de producción en el sitio, se debe tener en cuenta lo siguiente y, al mismo tiempo incluirlo en los esquemas de costos y en el proceso de toma de decisiones:
   - Se deben tener en cuento todos los costos escondidos, tal como se describieron.
   - Se debe emplear personal experto en todos los campos de la definición de la planta, manufactura, control de calidad y administración, no sólo al comenzar el proyecto sino a todo lo largo del mismo.
   - Tener en cuenta la viabilidad, a largo plazo, de la planta de producción.
   - La mano de obra debe ser vinculada mediante contratos definidos y aceptados y se le debe entrenar de la manera adecuada.
   - El producto terminado debe ser ensayado a lo largo de todo el proyecto (diariamente) para asegurar que cumple las especificaciones del proyecto.

Los pavimentos de adoquines de concreto se han ensayado y se han aceptado como un método de construcción de vías económico, funcional y estéticamente agradable, que contribuye ampliamente a la mejora de las condiciones de la población previamente menos privilegiada de Suráfrica al crear oportunidades de empleo y mejorar el medio en el cual viven.