QUALITY CONTROL SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF CONCRETE PAVING BLOCKS [1] [2]

Juan J. HOWLAND, Dr. Eng.
Adjunct Professor
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO "JOSÉ A. ECHEVERRÍA"
Chief Investigator
MINISTRY OF THE BUILDING INDUSTRY OF CUBA
La Habana, Cuba

SUMMARY

The fundamental step for the movement towards a quality protection system (guarantee) in production lies in defining all the quality control system of the process.

This paper defines the content of a quality control system for the production of concrete paving blocks relying on the flow chart of the production process and its three basic control points:

1. The control of the reception (receipt) of the raw materials (cement, aggregates, water, additions, and additives).
2. The control of the conformation (structure) of the paving blocks.
3. The control of the finished product.

Furthermore, the complete breakdown of these basic control points and the method for the organization of the system's plan of action (which includes the activities, actions and assignments, those responsible, and the date of its fulfillment, as well as the convention of its systematic tracking) is established and the elaboration of the general specifications for the raw materials and the finished products, with the technical -standardized documents that supports them.

As a final element, the content of the quality certificate of the paving block's production lot is defined.

1. INTRODUCTION

The quality of the industrial production of concrete block paving is extremely sensible to changes that are produced in the raw materials (cement, aggregates, water, additions, and additives), as well as in the careful surveillance of the minimum technical requirements in each one of the phases of the technical process. This elevated sensibility is emphasized by the special demands of the concrete mixes of very dry consistency, which characterize this production; and by manipulation and marketing regulations, which requires on many occasions, the element's mechanical resistance to 7 d (and even at earlier ages than the 28 d established in the technical standard).

Although the companies, producers of these elements, count with excellent technology and a high level of automation, it is very frequent that they present difficulties in the observance of the minimum quality requirements in its fabrication. These difficulties are generally focused on:

1. A certain uncontrolled observance on the raw material's quality requisites.
2. Ignorance and lack of demand in the minimum technical requirements of each phase of the technical process.
3. The non-observance of the minimum requirements of mechanical resistance, finishes, and appearance of the end products.
4. Increased loss percentages.
5. High cement consumption in the proportioning (mixture).
6. Lack of rigorous control over the real consumption of the raw materials and process losses.
7. An elevated idle inventory of second-hand productions and waste.

The core of the general strategy for the control of quality is the need of covering all the problems in an integral manner, observing the production flow.

Figure 1 shows the general diagram of the production flow identified in a production plant of concrete paving blocks in Santafé de Bogotá, Colombia, where the three main control points of the process stand out:

1. The control of reception (receipt) and warehousing of the raw materials.
2. The control of the conformation (structure) of the products.
3. The final control or quality control of the finished product.

The general quality control system was elaborated in terms of this production flow and these principal control points of the process, in which the principal activities and those responsible were defined.

2. CONTENT OF THE QUALITY CONTROL SYSTEM

---

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 a translation of the original paper written in Spanish, made by Soraya Falah, not submitted to the approval of the author.

2.1 CONTROL POINT OF THE RECEPTION (RECEIPT) AND WAREHOUSING OF THE RAW MATERIALS

2.1.1 FOR THE CEMENT

1. The examination and check-up of the cement's quality specifications from the moment of manufacturer's receipt.
2. The systematic weighing of the cement's casks for the control of inventories.
3. The periodic control of the impenetrability (water-tightness) and the condition of the plant's warehousing silos.
4. The cement's sampling of every cask and its preservation in the plant for a period of two months.
5. The delivery of an aleatory cement sample to a certified laboratory for testing once a month and in cases when there is a suspicion of anomalies [5,6].
6. To carry out a control of the real cement consumption through scale data acquisition and the calculation of process losses.

2.1.2 FOR THE AGGREGATES

1. The examination and check-up of the quality specifications of the aggregates (gravel and sand), especially the fraction and the origin starting from the moment of receipt.
2. The weighing of the transport fourteen-wheelers of aggregates for the control of inventories.
3. Guarantee the minimum technical specifications for the yard of aggregates (pending for drainage, wall separators, identifications by origin and fractions and order of use in accordance to its drainage time).
4. In essential cases, effect the regrinding and reorganization of the gravel that is received with a nominal maximum size above 3/8".
5. Obtain recycled aggregates of previous waste and second-hand productions.
6. Maintain reserved and well identified areas for the special aggregates (recycled, crushed title pipe, etc.).
7. Effect research that allows to establish the ratio use of the recycled aggregates.
8. Carry out the sampling of each type of aggregate per plant's entry lot and its delivery to a certified laboratory for thorough routine testing and if there are any suspicions of anomalies [4].
9. Preparation and set-up of a plant laboratory to carry out tests in particle size analysis (aggregate mixture), percentage of material that passes through the sieve of 75 µm, percentage of crumbly clay and soft particles, fineness modulus, and nominal maximum size.
10. Systematic control of the real consumption of aggregates for the scale data acquisition and the calculation of process losses.

2.1.3 FOR THE WATER (FOR NON-DRINKABLE WATER)

1. Carry out a periodic sampling of water to perform chemical tests in a certified laboratory [7].

2.1.4 FOR THE CHEMICAL ADDITIVES AND THE PIGMENTS

1. Examination and check-up of the additives and pigments quality specifications and their expiration dates [8].
2. Guarantee warehousing in a roofed location and pallets not touching the floor.
3. Guarantee that expired chemical additives are not used without being previously lab tested, guaranteeing and recommending its use.

2.2 CONTROL POINT OF THE CONFORMATION (STRUCTURE)OF THE PRODUCTS

2.2.1 PREPARATION OF THE CONCRETE MIX

1. Control of the raw materials before starting the process (cement, aggregates, additives and pigments).
2. Guarantee that the mixture (proportioning) be properly set in the programmable relays, as well as the correction factors for each raw material, the minimum mixing period and the opening of the mixer's compartment.
3. Guarantee the correct moment of including the pigments and the chemical additives in the mixing process.
4. Periodic inspection of the inner part of the mixer, on a cleaning level and of the separation between the blades and the inner wall.
5. Periodic inner section metrological control of the cement and aggregates scales, carried out by a certified metrological body at least once every three months.
6. Periodic inspection of the cleanliness condition of the scale's movable parts and its adjustment at zero.
7. Study the proper surroundings of the mixes consistency for each product to be elaborated, through the VeBe equipment.
8. Systematic control of the consistency of the mixture through mentioned VeBe, in the plant's laboratory.
9. Carry out feasibility studies of the concrete mixes for each product.

2.2.2 CONFORMATION AND CURING OF THE PRODUCTS

1. Carry out a detailed study of the molds (forms) used for the conformation of the products which includes its dimensional checking, fulfillment of the tolerances, wearing away and other defects, and elaborate a scheme for its correction or substitution with new molds.
2. At the beginning of each working shift, guarantee the examination of the mold's condition and

the parameters of the conformation process for the product (nominalistic pressure, vibration, pressing height and efficiency of the brush or blower).
3. Guarantee a suitable change in the working shifts, with detailed information on the condition of the raw materials, the molds, and the parameters of the process.
4. Carry out a systematic control on the cleanliness of the trays before the process of conformation.
5. Effect a systematic control on the conformed product, which includes the finish of the surface, the absence of chipping, cracks and uneven coloring, the proper height of each product and the finish of the edges of the block paving, eliminating the faulty products and recycling the non-contaminated fresh mixture.
6. Systematic control of the parameters of the curing and taking immediate appropriate measures.
7. Guarantee that the colored elements receive a differentiated curing, through a water mist procedure.

2.3 FINAL CONTROL POINT OR QUALITY CONTROL OF THE FINISHED PRODUCT

2.3.1 END QUALITY CONTROL, MANIPULATION AND PALLETIZATION OF THE PRODUCTS

1. Product's Inspection and separation that present not permissible faults (chipping, cracks, uneven color, excessive convexities and concavities for the products with special textures, etc.) and guarantee that no more than 5% of the products present any type of permissible defect in the pallets.
2. Guarantee the correct identification of the pallets per product and lot type.
3. In accordance to a scheme previously made out, effect an aleatory sampling of the products for quality control testing, in the frequency established in the regulations (standards).
4. Send the samples to a certified laboratory for testing (mechanical resistance, absorption, and dimensionality) [2,3].
5. Set up a plant laboratory to effect tests of mechanical resistance of the paving blocks, absorption, and dimensionality.
6. Establish and apply the methodology for the aleatory sampling and statistical evaluation of the test's results.
7. Evaluation of the internal deviation of the test "within test" to evaluate the reliability of the laboratory tests.
8. Establish the quality certificate of each product lot, carrying out the standard specifications and supplying it to the clients.
9. Organization of aging tests out in the open to show the stability of the pigments used and provide clients with definite recommendations.
10. Systematically control the correct manipulation and warehousing of the pallets in the storage yard and during the delivery to the transporting company, with the aim of reducing loss due to this concept.
11. Establish contractual agreements with the transporting entity in which the minimum quality requisites of transportation and delivery of the products to the clients are expressly stipulated (leveled and even pallets, careful unloading, return of faulty elements, etc.).

A plan of action is organized relying on the strategy for the quality assurement, in which each one of these activities is broken down in actions and definite assignments with dates of its fulfillment and its direct responsible, through the application indicated in Figure 2.

This plan of action should be controlled twice a month; it executes a fundamental role in the elevation of the production's quality of the company.

As part of its assignment fulfillment of the quality assurement system, the general specifications were elaborated for the raw materials and the finished products in which all the standard requisites for the cement, the aggregates, water and pigments, as well as the finished products are summarized (the paving blocks). The general application of these specifications has been indicated in Figure 3.

Furthermore, there should be a methodology for the aleatory sampling and the interpretation of the test results concerning the mechanical resistance of the paving blocks. This methodology will clearly establish, through examples, the method to effect a random sampling of the blocks, with the aid of a Table or of any other generator of aleatory numbers, which is fundamental to carry out the laws of statistics in the analysis of data. Likewise, it should also be established, step by step and with illustrations, the method for analysis of the test results of mechanical resistance and dimensional analysis of the blocks. For that purpose, it is important to introduce the study of the dispersions and the calculation of the resistance on a statistical basis. The characteristic resistance, where the adjustment by the Student "t" distribution is applied, in view that in this case it involves small samples, considering a probability between 90 % and 95 % that the "t" value be truly the one in the calculation as it is illustrated in Figure 4.

Therefore, the characteristic resistance can be defined as:

$$R_{bk} = R_{bm} - t \times S$$

Where:

R_{bm}: Average resistance of the sample with no less than 3 blocks or paving blocks (MPa)
t: Stadiagraph of Student for a probability of 90% to 95% and "n – 1" degree of freedom
S: Standard deviation of the sample (MPa)

The characteristic resistance and the deviation stan-

dard are important indicators to evaluate the production quality. The characteristic resistance can especially be used with great reliability to establish the cement adjustments of the mixture, relying on the criterion of yield of cement which is defined as the quotient between the cement consumption per square meter in the proportioning (mixture) and the characteristic resistance achieved.

In this way, the consumption of cement, adjusted to the new results, will be obtained multiplying the yield of cement by the resistance desired.

Lastly, the evaluation of the internal deviation of the test (within test) should also be introduced, which allows to evaluate with accurate precision the quality with which all the procedures and methods of preparation of the samples are carried out, as well as the quality of executing the tests of mechanical resistance. The value obtained of the Internal coefficient of variation of the Test is compared with the values indicated in Table 1, which indicates the degree of control obtained for the treatment and test of the samples in the laboratory. In the cases of "acceptable" or "deficient" results, this will allow to define the measures to resolve the elevated dispersions within the same sample with the laboratory contracted or the plant's laboratory.

Within the assignments of the quality assurement system, the company should establish the issuing of a quality certificate for each lot produced of a same element. This document is given to each client per Lot of products and stipulates their agreement with the established requirements in the regulations.

To count in the plant with a small hammer mill and classification screens in order to obtain sand and gravel of 10 mm (3/8") of nominal maximum size allows to effect the recycling of residues and faulty productions of several years of work of the producing facilities. In this manner, sand with a fineness module around 2,7 to 2,9 can be obtained. The research carried out indicate the possibility of including recycled sand, up to 10 % of the sand completely used and recycled gravel, up to 30 % of the total gravel used.

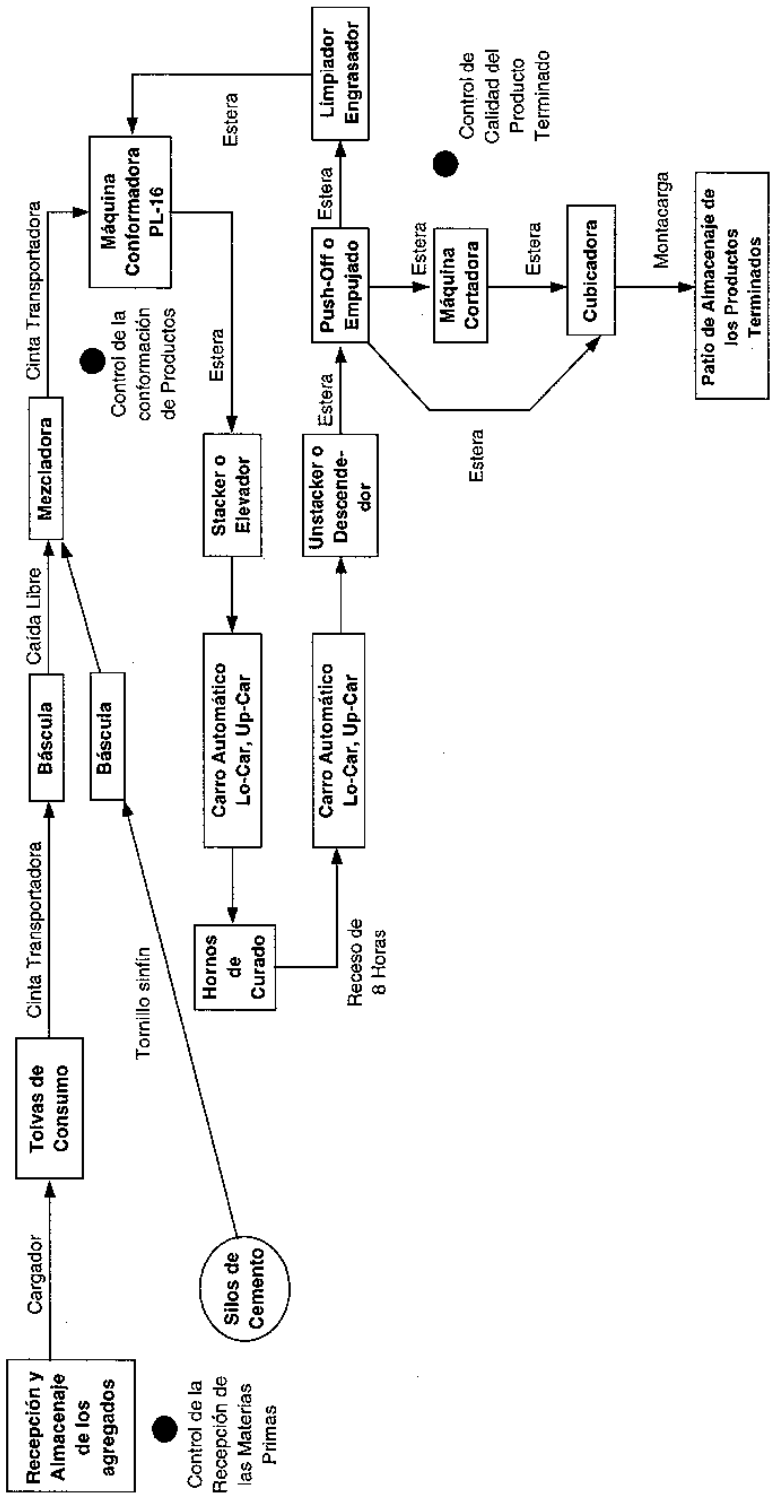
In these cases, it is important to verify that the aggregates obtained do not hold reactivity with the cements used.

It frequently occurs that the recycled sand of previous productions possesses an elevated absorption (avidity) of water, which allows the moisture control of conventional sands. In this way it is possible to use the conventional sands with moisture contents of up to 11 % without any difficulty. This is very advantageous in rainy periods.

3. CONCLUSIONS

Based on all the production flow of the company, the conception, detailed elaboration, and materialization of a quality control system allow to establish the weak points in the obtention of the product's quality, define those directly and indirectly responsible, and establish administrative measures, research, and methodologies to solve the aspects not yet settled in the system.

It is obvious that a quality control system, once conceived, does not run by itself, nor can it be seen as an independent and isolated instrument from the productive process. Reason why it requires the systematic performance of all the parts, starting with the management of the company and it should be integrated within the effective methods of direction and management so that it may carry out its objectives. There is still a lot to discover on this important aspect; however, the conditions are established to achieve success in the purpose (aim) of a systematic elevation of the production quality of concrete paving blocks.



Recepción y almacenaje de los agregados / Reception and storage of aggregates - *Cargador* / Loader - *Tolvas de consumo* / Aggregates deposits - *Cinta transportadora* / Conveyor belt - *Báscula* / Scale - *Caída libre* / Free fall - *Mezcladora* / Mixer - *Máquina conformadora* / Producing machine - *Estera* / Rollers - *Elevador* / Stacker - *Carro Automático* / Automatic car - *Horno de curado* / Curing kiln - *Receso de 8 h* / 8 h recess - *Descendedor* / Unstacker - *Empujador* / Push-off - *Máquina cortadora* / Splitter - *Cubicadora* /Cubber - *Patio de almacenaje de los productos terminados* / Storage patio for finished product - *Limpiador engrasador* / Cleaner greaser - *Silos de cemento* / Cement silo - *Tornillo sin fin* / Screw - *Control de recepción de materiales* / Control for incoming materials - *Control de la conformación de productos* / Control for the molded product - *Control de calidad del producto terminado* / Quality control of finished product.

Figure 1. Flow diagram of a concrete block and concrete paving block production plant in Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Figura 1. *Diagrama de flujo de una planta de producción de bloques y adoquines de concreto en Santa Fe de Bogotá, Colombia.*

ACTIVITIES *ACTIVIDADES*	ACTIONS *ACCIONES*	ASSIGNMENTS *TAREAS*	DEADLINE DATE FOR FULFILLMENT *FECHA DE CUMPLIMIENTO*	RESPONSIBLE *RESPONSABLE*	TRACKING ON ASSIGNMENT *SEGUIMIENTO DE TAREA*

Figure 2. Diagram of the elaboration of the Plan of Action for the Implementation of the Quality Assurance Strategy.
Figura 2. *Esquema de la elaboración del Plan de Acción para la Implementación de la Estrategia del Aseguramiento de la Calidad.*

CHARACTERISTICS *CARACTERÍSITCAS*	SPECIFICATIONS *ESPECIFICACIONES*	VARIABILITY *VARIABILIDAD*	ORIGINS *FUENTES*

Figure 3. Diagram of the application of the General Specifications for the Raw Materials and the Finished Products.
Figura 3. *Esquema del formato de las Especificaciones Generales para las Materias Primas y los Productos Terminados*

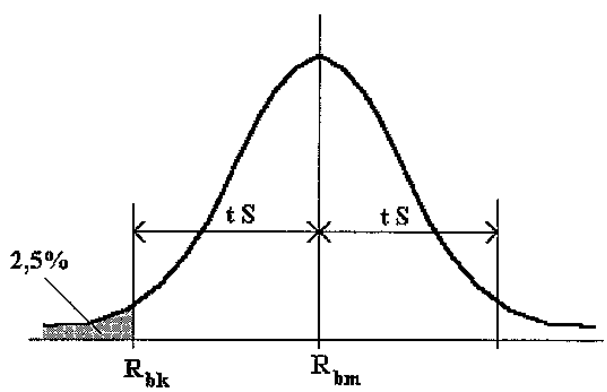


Figure 4. Student's "t" Distribution showing the Characteristic Strength for a 95 % probability.
Figura 4. *Distribución "t" de Student mostrando la Resistencia Característica para un 95% de probabilidad.*

	DEGREE OF CONTROL / *GRADO DE CONTROL*				
TYPE OF OPERATION *TIPO DE OPERACIÓN*	EXCELLENT *EXCELENTE*	VERY GOOD *MUY BUENO*	GOOD *BUENO*	ACCEPTABLE *ACEPTABLE*	DEFICIENT *DEFICIENTE*
Field or plat control *Control de campo o de planta*	*< 3,0*	*3,0 a 4,0*	*4,0 a 5,0*	*5,0 a 6,0*	*> 6,0*

Table 1. Values of the Internal Variation Coeffient of the Test "Within Test" for different degrees of control.
Tabla 1. *Valores del coeficiente de variación interno del ensayo, para diferentes grados de control.*

SISTEMA DE CONTROL DE LA CALIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE ADOQUINES DE CONCRETO [3] [4]

Juan J. HOWLAND, Dr., Ing.
Prof. Titular Adjunto
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO "JOSÉ A. ECHEVERRÍA"
Investigador Titular
MINISTERIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CUBA
La Habana, Cuba

RESUMEN

El paso fundamental para el tránsito hacia un sistema de aseguramiento de la calidad en la producción, radica en definir todo el sistema de control de calidad del proceso.

En esta ponencia se define el contenido de un sistema de control de calidad para la producción de adoquines de concreto a partir del diagrama de flujo del proceso de producción y de sus tres puntos básicos de control:

1. El control de la recepción de las materias primas (cemento, agregados, agua, adiciones y aditivos).
2. El control de la conformación de los adoquines.
3. El control del producto terminado.

Se establece, además, el desglose completo de estos puntos básicos de control y el método para la elaboración de un plan de acción del sistema (que incluye las actividades, acciones y tareas, los responsables y la fecha de su cumplimiento, así como las formas de su seguimiento sistemático) y la elaboración de las especificaciones generales para las materias primas y los productos terminados, con los documentos técnico-normalizativos que los amparan.

Como elemento final se define el contenido del certificado de calidad del lote de producción de los adoquines.

1. INTRODUCCIÓN

La calidad de la producción industrial de adoquines de concreto es extremadamente sensible a los cambios que se producen en las materias primas (cemento, agregados, agua, adiciones y aditivos), así como a la vigilancia cuidadosa de los requerimientos técnicos mínimos en cada una de las fases del proceso tecnológico. Esta elevada sensibilidad está marcada por las exigencias especiales de las mezclas de concreto de consistencia muy seca, que caracterizan esta producción; y por un régimen de manipulación y mercadeo, que requiere, en muchas ocasiones, resistencias mecánicas de los elementos a 7 d (e incluso edades más tempranas, que los 28 d establecidos en la normativa técnica).

Es muy frecuente que las empresas productoras de estos elementos, presenten dificultades en el cumplimiento de los requerimientos mínimos de calidad en su fabricación, aún contando con una excelente tecnología, con un elevado nivel de automatización. Estas dificultades están centradas por lo general en:

1. Un cierto descontrol del cumplimiento de los requisitos de calidad de las materias primas.
2. Desconocimiento y falta de exigencia en los requerimientos técnicos mínimos de cada fase del proceso tecnológico.
3. El incumplimiento de los requerimientos mínimos de resistencias mecánicas, acabado y apariencia de los productos terminados.
4. Elevados porcentajes de pérdidas.
5. Elevados consumos de cemento en las dosificaciones.
6. Falta de un control riguroso sobre los consumos reales de materias primas y las pérdidas del proceso.
7. Un elevado inventario ocioso de producciones de segunda y de desecho.

La necesidad de abarcar toda la problemática de forma integral, atendiendo al flujo de producción, es el eje de la estrategia general para el control de la calidad.

En la Figura 1 se muestra el esquema general del flujo de producción identificado en una planta de producción de adoquines de concreto en Santa Fe de Bogotá, Colombia, donde aparecen destacados los tres principales puntos de control del proceso:

1. El control de la recepción y almacenaje de las materias primas.
2. El control de la conformación de los productos.
3. El control final o control de la calidad del producto terminado.

En función de este flujo de producción y de estos principales puntos de control del proceso, se elaboró el sistema general de control de la calidad, donde se definieron las actividades principales y sus responsables.

---

3 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 versión original de cada ponencia.

4 Esta es una traducción de la ponencia original escrita en Inglés, realizada por Soraya Falah, no sometida a la aprobación del autor.

2. CONTENIDO DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA CALIDAD

2.1 PUNTO DE CONTROL DE LA RECEPCIÓN Y ALMACENAJE DE LAS MATERIAS PRIMAS

2.1.1 PARA EL CEMENTO

1. El chequeo de las especificaciones de calidad del cemento a partir de los vales de entrega del fabricante.
2. El pesaje sistemático de las pipas de cemento para el control de los inventarios.
3. El control periódico de la hermeticidad y estado de los silos de almacenaje de la planta.
4. La toma de muestras de cemento de cada pipa y su conservación en planta durante dos meses.
5. El envío de una muestra aleatoria de cemento a ensayar en un laboratorio certificado una vez al mes, así como en casos de sospechas de anomalías [5, 6].
6. Efectuar el control de los consumos reales de cemento por los datos de salida de báscula y el cálculo de las pérdidas del proceso.

2.1.2 PARA LOS AGREGADOS

1. El chequeo de las especificaciones de calidad de los agregados (gravilla y arena), en especial la fracción y la procedencia, a partir de los vales de entrega.
2. Efectuar el pesaje de las tractomulas de transporte de agregados para el control de los inventarios.
3. Garantizar las especificaciones técnicas mínimas para el patio de agregados (pendientes para el drenaje, muros separadores, identificación por procedencias y fracciones y orden de utilización según su tiempo de drenaje).
4. En los casos en que sea indispensable, efectuar la retrituración y reclasificación de la gravilla que sea recibida con tamaño máximo nominal superior a 10 mm (3/8 ").
5. Obtener agregados reciclados de producciones anteriores de desecho y de segunda.
6. Mantener áreas reservadas y bien identificadas, para los agregados especiales (reciclados, triturados de tubos de arcilla, etc.).
7. Efectuar los estudios que permitan establecer las proporciones de utilización de los agregados reciclados.
8. Efectuar el muestreo de cada tipo de agregado por lote de entrada a la planta, y su envío a un laboratorio certificado para ensayos completos de rutina y en casos de sospechas de anomalías [4].
9. Preparación y montaje de un laboratorio en planta para ensayos de granulometría, porcentaje de material que pasa por el tamiz de 75 μm, porcentaje de arcilla y partículas deleznables, módulo de finura y tamaño máximo nominal.
10. Control sistemático de los consumos reales de agregados por los datos de salida de báscula y el cálculo de las pérdidas del proceso.

2.1.3 PARA EL AGUA (EN EL CASO DE TRATARSE DE AGUA NO POTABLE)

1. Efectuar la toma periódica de muestras de agua para ensayos químicos en un laboratorio certificado [7].

2.1.4 PARA LOS ADITIVOS QUÍMICOS Y LOS PIGMENTOS

1. Chequeo de las especificaciones de calidad de los aditivos y los pigmentos y sus fechas de vencimiento [8].
2. Garantizar las condiciones de almacenaje bajo techo y estibado separado del piso.
3. Garantizar que no se utilicen aditivos químicos con plazo de vencimiento expirado, sin un aval previo de ensayos de laboratorio que recomiende su uso.

2.2 PUNTO DE CONTROL DE LA CONFORMACIÓN DE LOS PRODUCTOS

2.2.1 PREPARACIÓN DE LA MEZCLA DE CONCRETO

1. Control de las materias primas antes de comenzar el proceso (cemento, agregados, aditivos y pigmentos).
2. Garantizar que las dosificaciones sean adecuadamente fijadas en el autómata programable, así como los factores de corrección para cada materia prima, el tiempo mínimo de mezclado y de apertura de la compuerta de la mezcladora.
3. Garantizar el momento adecuado de incorporación de los pigmentos y los aditivos químicos en el proceso de mezclado.
4. Inspección periódica del interior de la mezcladora, del nivel de limpieza y de la separación de las paletas de las paredes.
5. Control metrológico periódico interno de las básculas de cemento y agregados y, al menos una vez al trimestre, por un órgano metrológico certificado.
6. Inspección periódica del estado de limpieza de las partes móviles de las básculas y de su ajuste al cero.
7. Estudiar los entornos adecuados de consistencia de las mezclas para cada producto a elaborar, por el consistómetro VeBe.
8. Control sistemático de la consistencia de la mezcla por el consistómetro VeBe, en el laboratorio de la planta.
9. Efectuar estudios de optimización de las mezclas de concreto para cada producto.

2.2.2 CONFORMACIÓN Y CURADO DE LOS PRODUCTOS

1. Efectuar el estudio detallado de los moldes utilizados para la conformación de los productos, que incluya su comprobación dimensional, cumplimiento de las tolerancias, desgastes y otros defectos y elaborar un plan para su corrección o sustitución con moldes nuevos.
2. Garantizar, al comienzo de cada turno de trabajo, la revisión del estado de los moldes y los parámetros del proceso de conformación para el producto (presión nominalizada, vibración, altura de prensado y eficiencia del cepillo o soplador).
3. Garantizar un adecuado relevo de los turnos de trabajo con información detallada sobre el estado de las materias primas, de los moldes y de los parámetros del proceso.
4. Efectuar el control sistemático sobre la limpieza de las bandejas previo al conformado.
5. Efectuar el control sistemático sobre el producto conformado, que incluye la terminación de la superficie, ausencia de desportillados, grietas y coloración dispareja, la altura adecuada de cada producto y la terminación del bisel de los adoquines, eliminando los productos defectuosos y reciclando la mezcla fresca no contaminada.
6. Control sistemático de los parámetros del curado y tomar las medidas correctoras de inmediato.
7. Garantizar que los elementos coloreados reciban curado diferenciado, por nebulización de agua.

2.3 PUNTO DE CONTROL FINAL O CONTROL DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO

2.3.1 CONTROL DE CALIDAD FINAL Y CUBICADO DE LOS PRODUCTOS

1. Inspección y separación de los productos que presenten defectos no permisibles (desportillados, fisuras, color disparejo, convexidades y concavidades excesivas para los productos de textura, etc.) y garantizar que en las estibas no más del 5 % de los productos presente algún tipo de defecto permisible.
2. Garantizar la correcta identificación de las estibas por tipo de producto y lote.
3. Efectuar el muestreo aleatorio, según un plan previamente confeccionado, de los productos para los ensayos de control de calidad, con la frecuencia establecida en la normas.
4. Enviar a un laboratorio certificado las muestras para efectuar los ensayos correspondientes (resistencias mecánicas, absorción y dimensionamiento) [2,3].
5. Organizar, en la planta, el laboratorio para efectuar los ensayos de resistencias mecánicas de los adoquines, absorción y dimensionamiento).
6. Establecer y aplicar la metodología para el muestreo aleatorio y evaluación estadística de los resultados de los ensayos.
7. Evaluación de la desviación interna del ensayo (within test) para evaluar la confiabilidad de los ensayos de laboratorio.
8. Establecer el certificado de calidad de cada lote de producto, con el cumplimiento de las especificaciones normalizativas y entregarlo a los clientes.
9. Organizar la realización de ensayos de envejecimiento a la intemperie para comprobar la estabilidad de los pigmentos utilizados y dar recomendaciones concretas a los clientes.
10. Controlar sistemáticamente la correcta manipulación y almacenaje de las estibas en el patio de almacenaje y al ser entregadas a la entidad transportista, con el objetivo de reducir las pérdidas por este concepto.
11. Establecer relaciones contractuales con la entidad transportadora donde queden perfectamente establecidos los requisitos mínimos de calidad en el transporte y entrega de los productos al cliente (estibas niveladas, descarga cuidadosa, devolución de elementos defectuosos, etc.).

A partir de la estrategia para el aseguramiento de la calidad, se elabora un plan de acción, donde cada una de estas actividades se desglosan en acciones y tareas concretas, con sus fechas de cumplimiento y sus responsables directos, a través del formato indicado en la Figura 2.

Este plan de acción se debe controlar con una frecuencia quincenal y desempeña un papel fundamental en la elevación de la calidad de la producción de la empresa.

Como parte del cumplimiento de las tareas del sistema de aseguramiento de la calidad, se elaboraron las especificaciones generales para las materias primas y los productos terminados, donde se resumen todas las exigencias normativas para el cemento, los agregados, el agua y los pigmentos, así como para los productos terminados (los adoquines). El formato general de estas especificaciones ha sido indicado en la Figura 3.

Se deberá contar, además, con una metodología para el muestreo aleatorio y la interpretación de los resultados de los ensayos de resistencias mecánicas de los adoquines. En esta metodología se establecerá claramente, y mediante ejemplos, el método para efectuar el muestreo al azar de los adoquines con el auxilio de una Tabla, o cualquier otro generador de números aleatorios, lo que es fundamental para que puedan funcionar las leyes de la estadística en el análisis de los datos. Además, se deberá establecer también, paso a paso y de forma ejemplificada, el método para el análisis de los resultados de los ensayos de resistencias mecánicas y de análisis dimensional de los adoquines. A tal efecto, es indispensable introducir el estudio de las dispersiones y el cálculo de la resistencia sobre base estadística: La resistencia característica, donde se aplica el ajuste por la distribución "t" de Student, atendiendo a que en este caso se trata de muestras

pequeñas, considerando una probabilidad entre el 90 % y el 95 % de que el valor de "t" sea realmente el asumido en el cálculo, tal como se muestra en la Figura 4.
La resistencia característica se puede definir entonces como:

$R_{bk} = R_{bm} - t \times S$

Donde:

R_{bm}: Resistencia promedio de la muestra , con no menos de 3 bloques o adoquines (MPa)
t: Estadígrafo de Student para una probabilidad del 90 % al 95 % y "n - 1" grados de libertad
S: Desviación Estándar de la muestra (MPa)

La resistencia característica y la desviación estándar son importantes indicadores para evaluar la calidad de la producción y en particular la resistencia Característica puede ser utilizada con mucha fiabilidad para establecer los ajustes de cemento de la mezcla, a partir del criterio de rendimiento del cemento, que se define como el cociente entre el consumo de cemento por metro cúbico (o por bachada) en la dosificación y la resistencia característica obtenida.

De esta forma el consumo de cemento ajustado a los nuevos resultados se obtendrá multiplicando el rendimiento del cemento por la resistencia que se desea obtener.

Finalmente se deberá introducir también la evaluación de la desviación interna del ensayo (within test), que permite evaluar con adecuada precisión, la calidad con que se efectúan todos los procedimientos y métodos de preparación de las muestras, así como la calidad de realización de los ensayos de resistencias mecánicas. El valor obtenido del coeficiente de variación interno del ensayo se compara con los valores indicados en la Tabla 1, que nos indica el grado de control obtenido para el tratamiento y ensayo de las muestras en el laboratorio. Esto permitirá en aquellos casos de resultados "aceptables" o "deficientes", definir conjuntamente con el laboratorio contratado ó el laboratorio de la planta, las medidas para solucionar las elevadas dispersiones dentro de una misma muestra.

Dentro de las tareas del sistema de aseguramiento de la calidad se debe establecer, en la empresa, la expedición de un certificado de calidad para cada lote producido, de un mismo elemento. Este documento le es entregado a cada cliente por lote de productos, y establece la concordancia de los mismos con los requerimientos establecidos en las normas.

El poder contar en la planta con un pequeño molino de martillo y zarandas de clasificación para la obtención de arena y gravilla de 10 mm (3/8") de tamaño máximo nominal, permite efectuar el reciclado de residuos y de producciones defectuosas de varios años de trabajo de la Instalación productora. De esta forma se puede obtener una arena con un módulo de finura del orden de 2,7 a 2,9. Los estudios efectuados al respecto indican la posibilidad de incorporar arena reciclada hasta en un 10 % de la arena total utilizada y la gravilla reciclada hasta en un 30 % del total de la gravilla utilizada

Es importante verificar, en estos casos, que los agregados obtenidos no tengan reactividad con los cementos empleados.

En especial sucede frecuentemente que la arena reciclada de producciones anteriores posee una elevada absorción (avidez) de agua, lo que permite controlar la humedad de las arenas convencionales, de manera que puede ser posible emplear las arenas convencionales con contenidos de humedad de hasta un 11 % sin ninguna dificultad, lo que es muy ventajoso en épocas de lluvias.

3. CONCLUSIONES

La concepción, elaboración detallada y materialización de un sistema de control de la calidad, fundamentado en todo el flujo de producción de la empresa, permite establecer los puntos neurálgicos en la obtención de la calidad de los productos, definir sus responsables directos e indirectos y establecer la medidas administrativas, los estudios y las metodologías para solucionar los aspectos aún no resueltos en el sistema.

Evidentemente, un sistema de control de la calidad, una vez concebido, no funciona por sí mismo, ni puede verse como un instrumento independiente y aislado del proceso productivo, por lo que requiere la actuación sistemática de todas las partes, comenzando por la dirección de la empresa y tiene que integrarse dentro de los métodos efectivos de dirección y administración, para que cumpla con sus objetivos. Sobre este importante aspecto aún queda camino por andar, pero las condiciones están creadas para lograr el éxito en el propósito de una elevación sistemática de la calidad de la producción de los Adoquines de concreto.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. HOWLAND J.J. Experiencias en la creación de un sistema de aseguramiento de la calidad para la producción de bloques y adoquines de concreto. // En : Cemento-Hormigón. -- Vol.67, No.766 (Dic, 1996); P.1479-1492.

2. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Adoquines de Hormigón. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 199?. -- P.v. -- (ICONTEC, NTC 2 017).

3. _____. Rejillas de Concreto (gramoquines) para pavimentación y control de erosión. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 1996. -- 8P. -- (ICONTEC, NTC 3 766).

4. _____. Especificaciones de los agregados para hormigón. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 1989. -- 15P. -- (ICONTEC, NTC 174. 3 rev.).

5. _____. Cemento Pórtland. Especificaciones físicas y mecánicas. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 1989. -- P.v. -- (ICONTEC, NTC 121. 1 rev.).

6. _____. Cemento Pórtland. Especificaciones químicas. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 1989. -- P.v. -- (ICONTEC, NTC 321. 2 rev.).

7. _____. Agua para la elaboración de concreto. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 1994. -- 9P. -- (ICONTEC, NTC 3 459).

8. _____. Concreto coloreado integralmente : Especificaciones para pigmentos. -- Santa Fe de Bogotá : ICONTEC, 1995. -- 17P. -- (ICONTEC, NTC 3 760).