

La superficie cubierta es inferior á 6,80 por 5,60 metros. Se calcula que la economía de terreno realizada se duplica por una notable economía en el material y en el trabajo de establecimiento de las conexiones.

El conmutador instalado en esta subestación es de una potencia de 500 kilovatios, aislado para 1.200 voltios y funcionando en la actualidad á 600 voltios. Está protegido por un nuevo aparato contra el incendio. La protección contra el rayo está asegurada de una manera excepcionalmente cuidadosa. En fin, otra particularidad de esta instalación es presentar un registrador automático de un nuevo modelo, cuyo árbol es horizontal en lugar de ser vertical, y que se ve en *H* á la derecha de la figura 2.^a

Obras de cemento seguidas durante fortísimas heladas.

Así como la guerra ha hecho variar tantas ideas en el orden político y económico, así también ha obligado á los técnicos á modificar los diferentes modos de construcción.

Tal sucede con el empleo de la argamasa de cemento durante períodos de fortísimas heladas, empleo que podría realizarse en el curso del invierno con óptimos resultados, gracias á especiales, pero sencillísimas, precauciones. Respecto á este asunto se tienen datos experimentales, tanto en Italia como en el Norte de América, de los que da cuenta el Ingeniero Luigi Luiggi, en un artículo publicado en el *Giornale del Genio Civile* que resumimos á continuación.

Obras en Italia.—Refiérense éstas á las fundaciones y macizo de un importante dique de derivación sobre el Lys, en el valle de Aosta, situado á más de 1.000 metros sobre el nivel del mar, y destinado á las instalaciones hidroeléctricas de la Casa Breda.

En los meses de invierno, y era preciso trabajar, no solamente para acelerar á cualquier precio las obras—á causa de la necesidad de aumentar la energía eléctrica para las fábricas dedicadas á la construcción de municiones—, sino para aprovechar el período de máxima sequía, que en aquellos elevados valles alpinos se verifica precisamente en los meses invernales; y así se hacían menos onerosas y peligrosas las obras mismas.

No pudiéndose recurrir al artificio antiguamente adoptado de unir una cierta cantidad de azúcar al cemento portland para la formación de la argamasa—por ser elevadísimo el precio del azúcar durante los años de la guerra—se recurrió á la sosa común, ó sea al carbonato de sosa, que, en la proporción del 2 al 3 por 100 en peso, y excepcionalmente también del 5 por 100, venía unido al agua con la cual se formaba la argamasa.

Se empleaba después el agua casi hirviendo, es decir, se preparaba la solución de carbonato de sosa, se llevaba á la ebullición y se usaba inmediatamente para hacer la masa, la cual se llevaba rápidamente á la *hormigonadora* que la vertía en el sitio que había de ocupar, ó por lo menos tan próximo á él que no tuviese tiempo de perder mucho calor. La argamasa se colocaba rápidamente apisonada dentro del molde por los medios acostumbrados y se cubría en seguida con gruesas esteras de modo de conservar el calor el mayor tiempo posible. Para poder después continuar el trabajo, aun durante las nevadas, se estaba provisto de barracas provisionales con las que se cubría la longitud de la obra y la *hormigonadora*.

De este modo se trabajó cuando la temperatura del aire no bajaba de -10° C. Algunas veces, sin embargo, la temperatura era todavía inferior, llegándose á cerca de -17° C., se usaba entonces la precaución de poner sobre la argamasa reciente calderas ó cubos de hierro llenos de brasas bien encendidas, que después se rodeaban y cubrían á debida distancia con esteras, á fin de conservar durante toda la noche un ambiente menos riguroso en torno de la argamasa durante el período del fraguado. A la mañana siguiente bastaba limpiar bien la argamasa vertida el día anterior, lavarla con agua hirviendo al 5 por 100 de sosa

y después se podía volver á constituir otra porción con las precauciones indicadas. Los resultados que de este modo se obtuvieron fueron siempre satisfactorios.

El autor tuvo ocasión de examinar la argamasa obtenida durante el período de los hielos más fuertes, que fueron de Enero á Marzo del año pasado, y pudo observar que estaba en perfecto estado como si se hubiera constituido en condiciones normales.

Obras en el Norte de América.—En otro dique construido también en el curso del invierno en el Norte de América, en regiones de heladas intensísimas, y que urgía seguir á cualquier coste por necesidades de la guerra, se adoptaron otros procedimientos constructivos, los cuales dieron igualmente buenos resultados y que merecen ser conocidos.

Se trata del dique del Dead River, al Norte del Michigan, que tiene 120 metros de longitud y un volumen de 13.000 metros cúbicos, próximamente, y que ha sido construido con argamasa de cemento portland, en una región donde la temperatura desciende á veces á 30° bajo cero F, ó sean cerca de -39° C., y donde se forman bancos de hielo de un espesor de más de 3 pies ingleses, ó sean 90 centímetros.

Para poder seguir las obras en clima tan riguroso—en lugar del agua hirviendo con adición de sosa, para la formación de la argamasa, como se hace en Italia—se recurrió al medio de calentar no sólo el agua, sino también la arena para la formación de la masa.

Con tal objeto, los talleres de las obras estaban provistos de dos grandes calderas de vapor destinadas á alimentar dos serpentines, uno establecido dentro del «silo» ó depósito de la arena destinada á la argamasa, el otro dentro del depósito del agua. De este modo, la arena y el agua en el momento de la mezcla con el cemento y con el cascajo estaban bastante calientes, por lo que la argamasa resultante tenía en el momento de ser arrojada en la forma la temperatura de $+4^{\circ}$ á $+18^{\circ}$ C., y más generalmente 10° C. (50° F.), aproximadamente.

Se tenía cuidado de preparar el molde con una altura tal que se pudiera hacer de un golpe una capa por lo menos de 1,50 metros de altura, así que la masa, procediendo sucesivamente con altura uniforme, se mantenía caliente más tiempo que si la capa hubiese sido menos alta. Además, con el calor producido por las reacciones químicas de fraguado del cemento, el fraguado de la argamasa estaba ya bastante avanzado antes que el frío principiase á hacer que se congelara la argamasa misma.

Por la noche, sin embargo, á causa del frío intensísimo, que, como hemos dicho, llegó en Enero de 1918 hasta -39° C., la argamasa se helaba en la superficie y en las partes adyacentes al molde de madera y con un espesor hasta de 5 centímetros, pero no en el interior, donde el fraguado continuaba.

A la mañana siguiente, para volver á emprender el trabajo, se procedía, al principio, á picar y transportar esta parte helada, pero esto era un trabajo sumamente largo y enojoso, y hacía falta algunas veces hacerlo pronto. Por esto después de varias tentativas se recurrió á un chorro de agua casi hirviendo, de modo de formar como una capa calentísima sobre la argamasa helada. Ésta, bajo la acción del calor del agua, se deshela rápidamente, y entonces, una vez quitada el agua, se volvía á formar la capa de la nueva argamasa, capa que se adhería perfectamente á la del día precedente como si se hubiese colocado en condiciones normales.

El *Engineering News Record*, de Nueva York, de donde toma el autor los datos oportunos, asegura que la obra tuvo un éxito por completo satisfactorio, y tanto que ni en las uniones horizontales entre las varias capas de argamasa con las cuales se formó el dique, ni en las puntas verticales entre trozo y trozo de la argamasa se observó casi huella de destilación de agua ó por lo menos ninguna más de las que se encuentran en las obras semejantes construidas en condiciones menos excepcionales. El único inconveniente que se encontró fué que en el deshielo por la primera las superficies agua arriba y agua abajo del dique

presentaban desconchados de algún centímetro de espesor, sin perjuicio para la solidez de la obra.

Obras en el Canadá y en la Manchuria.—El Canadá y la Manchuria son países de fortísimos y prolongados hielos, y donde por esta razón las obras durarían años y años si no se trabajase en invierno á pesar de los hielos.

Según el Ingeniero Hammersley Heenan, que estudió el problema del empleo de la argamasa durante fuertes heladas en el Canadá, conviene dividir las obras en dos categorías: aquellas en que la argamasa se emplea en pequeñas masas, como columnas, pisos y tramos de cemento armado ó arcos de puente y semejantes, y aquellas en que la argamasa se usa en grandes masas de espesor, por lo menos de 1,50 metros, como ocurre en los grandes diques de derivación, pilas y parapetos de los puentes, gruesos muros de sostén de tierra ó agua para lagos artificiales y obras similares.

Para las primeras, por ejemplo, para obras de cemento armado, se usa recurrir, durante las heladas no muy intensas y hasta -5° C., al empleo del agua con cloruro de sodio ó sal común, en la proporción de 2 á 5 por 100 y para heladas más intensas hasta el 10 por 100, pero nunca más allá de este límite. El uso de la sal se hace en el supuesto de que el agua así salada no se hiela sino á temperaturas muchos más bajas de -5° C.; este es el modo de que el cemento fragüe dentro del molde. Pero la sal tiene el inconveniente de disminuir la resistencia de la argamasa y de darle una fea apariencia con las eflorescencias que después salen en la superficie. Además, en el caso del cemento armado, la sal perjudica y corroe la armadura de hierro, por lo cual este método no debe seguirse para el cemento armado.

En la actualidad, y especialmente para la argamasa en grandes masas, y cuando la temperatura externa no es inferior á -5° , se prefiere calentar simplemente el agua mediante un chorro de vapor dentro del depósito de alimentación para la mezcla de la argamasa.

Si la temperatura del aire está entre -5° y -10° C., se usa calentar también la arena mediante braseros con cok ó leña, ó con hogueras de leña encendidas cerca de los depósitos de materiales. Después, para temperaturas todavía más bajas de -10° , se hacen verdaderas y propias instalaciones para calentar uniformemente la arena y el agua—y á veces también el cascajo—mediante serpentinas de vapor, de modo que los ingredientes entran ya en la máquina amasadora á una temperatura entre 20° á 30° C. ó al máximo de 40° , no debiéndose exceder esta temperatura, porque entonces la argamasa sufre daño en lugar de ventaja.

Se hacen también instalaciones para transportar rápidamente la argamasa de la amasadora al lugar de su empleo, para que no se enfríe demasiado durante el transporte. Se toman después las precauciones usuales de cubrir bien la argamasa con esteras ó sacos tan pronto como se halle en los moldes, teniendo cuidado de sostener las esteras con trozos de madera de 10 á 15 centímetros de altura para conservar, en cuanto es posible, una capa de aire caliente sobre la superficie de la argamasa.

Después de dos días la masa ha fraguado suficientemente, así que ya no hay que temer perjuicio alguno, aunque después acabe por helarse. Cuando el deshielo el fraguado, que ha quedado imperfecto, continúa y se completa casi como si la argamasa hubiese estado hecha á las temperaturas usuales. Sobre este último punto el profesor Guidi ha hecho experimentos que confirman completamente la práctica norteamericana y canadiense.

Opiniones de varios técnicos.—En una discusión sobre este asunto mantenida en la *Institution of Civil Engineers*, de Londres, en 1915, el Ingeniero Goodrich aseguró, fundándose en más de diez años de personales experimentos en obras en el Canadá seguidas durante el invierno, que la precaución de calentar el agua y la arena le dió siempre excelentes resultados. El Ingeniero Johnson añadió que es práctica usual en el Canadá

continuar el trabajo hasta que los trabajadores no puedan resistir las heladas y que con las precauciones mencionadas no encontró jamás perjuicios en las obras de argamasa hechas durante los más rigurosos inviernos; todo lo más que pudo observar fué algún deterioro en el paramento, pero en pequeña profundidad, 2 á 3 centímetros como máximo, pero sin ningún daño sustancial para la solidez de la obra.

Idéntica opinión manifestó el Ingeniero Leich fundándose en la experiencia adquirida en sus trabajos seguidos en la Manchuria con temperaturas variables entre -18° y 31° C. (0° á -22° F.). Como la mano de obra china era muy barata y faltaban las máquinas, se formaba la argamasa á mano, pero calentando el agua á cerca de 20° C. y también la arena, depositándola sobre grandes placas bajo las cuales se encendía fuego. Algunas veces, durante las heladas más fuertes, se hacía calentar del mismo modo el cascajo. Después se cubría la masa con una capa de paja de 30 centímetros sobre la cual se colocaban esteras ó sacos; en el caso de heladas extraordinarias se ponían sobre éstos una segunda capa de paja de otros 30 centímetros y otros sacos ó esteras. Se dejaba descansar la masa tres ó cuatro días en el molde, que se quitaba después de este período y se continuaba el trabajo con las precauciones mencionadas, obteniéndose siempre muy buenos resultados.

El Ingeniero Lott empleó tubos de vapor perforados por agujerillos de 3 milímetros distantes entre sí 30 centímetros, introducidos en los montones de arena ó de cascajo, y calentando el agua.

El profesor Matthews, de la Universidad de Cambridge, prosiguiendo los experimentos del profesor Guidi, llegó á las siguientes conclusiones:

a) Que no conviene usar agua á temperatura demasiado elevada y nunca superior á 38° C. (100° F.), porque de no hacerlo así la argamasa disminuye notablemente de resistencia respecto á la formada con agua á 15° C.

b) Que con las precauciones indicadas para hacer y proteger la argamasa, ésta no sufre grave deterioro cuando se emplea con temperaturas externas no menores de -8° C.; pero que bajo tales temperaturas, y á pesar de todas las precauciones citadas, la argamasa sufre indudablemente.

Finalmente, el autor inserta una carta del Teniente general de Ingenieros, Mazzocchi, en la que, como consecuencia de los trabajos realizados por el mismo, aconseja que en las obras seguidas durante fuertes heladas se tomen las precauciones siguientes:

a) Evitar en lo posible el trabajar con temperaturas inferiores á -5° .

b) Reducir al minimum la cantidad de agua en los amasamientos.

c) No regar la masa una vez constituida, ni calentarla artificialmente.

d) Añadir á la masa carbonato de sosa, cloruro de calcio ó también sal marina en la proporción de 50 por 100. Pero esta adición de sal marina es poco conveniente, especialmente donde la estructura cimenticia puede encontrarse sujeta á corrientes eléctricas vagabundas, porque la sal favorece al agua electrolítica para la oxidación del hierro.

El Sr. Luiggi concluye el artículo que extractamos diciendo: los resultados de estos experimentos son lo suficientemente interesantes para merecer el ponerlos en conocimiento de nuestros técnicos, muchos de los cuales tendrán probablemente, en el próximo invierno, que seguir, en los períodos de los hielos intensos, trabajos para las nuevas instalaciones hidroeléctricas, que febrilmente se están iniciando ó completando en estos momentos difíciles; y es de desear que aprovechando estas circunstancias se seguirán ulteriores experimentos con muestras de argamasa obtenidas de las obras construidas en condiciones de fortísimos hielos, para poder establecer reglas todavía poco seguras.