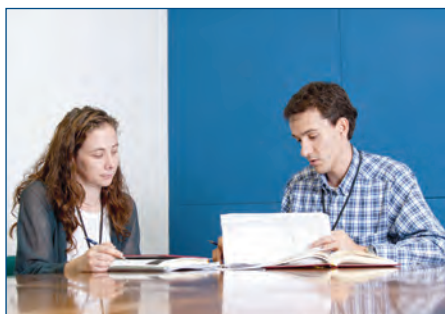




SEGUIMIENTO DEL LEVANTAMIENTO DEL TERRENO DE CN ASCÓ II

MONITORING THE UPLIFTING OF THE LAND AT ASCÓ II NPP



MERCÈ MONTANÉ BORRÀS

Jefe de Vigilancia de Estructuras y Obra Civil.
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la
UPC de Barcelona.

*Civil Engineer from the UPC of Barcelona.
Structures and Civil Engineering Surveillance
Manager.*

RAMÓN HERNÁNDEZ ESTRADA

Jefe de Mantenimiento, Inspecciones y
Pruebas.
Ingeniero de Telecomunicaciones por
Enginyeria La Salle de Barcelona.

*Maintenance, Inspections and Tests Manager.
Engineer in Telecommunications from
Enginyeria La Salle in Barcelona.*

LEVANTAMIENTO DEL SUELO - ORIGEN Y EVOLUCION INICIAL

El emplazamiento del Grupo II de la central nuclear de Ascó se decidió una vez iniciada la construcción del Grupo I. Para utilizar el mismo diseño en ambos grupos se respetaron sus cotas y simplemente se desplazó el centro de los edificios principales varios centenares de metros.

En 1974 se inició una gran excavación llegando a profundidades de 70 metros del terreno natural. Con ello se inició el levantamiento del terreno debido a la expansión elástica por descompresión del mismo. Este fenómeno era previsible y se esperaba que se produjera inmediatamente después de hacer la excavación y que acabara en un periodo corto de tiempo.

Sin embargo, por efecto de este levantamiento, se produjeron unas fisuras que permitieron la entrada de agua al macizo rocoso que activó las arcillas expansivas presentes en el mismo. Por ello, el levantamiento ha seguido posteriormente buscando un nuevo equilibrio de presiones y humedad en la roca.

Inmediatamente se iniciaron una serie de acciones encaminadas a estudiar y minimizar los efectos de este levantamiento:

- Se consulta a los expertos Dr. Serrano, del Laboratorio de Mecánica del Suelo de Madrid, y los Dres. McClure y Lepps del Departamento de Geología de Bechtel los cuales recomendaron la restitución de cargas lo mas rápidamente al terreno e impedir el acceso de importantes cantidades de agua a la zona de la excavación.
- Se realizaron ensayos de hinchamiento de margas y análisis mineralógicos de la roca para conocer la capacidad expansiva de la arcilla.
- Se procedió a la instalación de puntos de medición para conocer los valores del levantamiento y luego poder hacer un modelo de previsión mediante el análisis numérico de dichos valores.
- Simultáneamente a la construcción de cimentaciones y muros de los edificios se fueron tomando diversas medidas para paliar el efecto de los levantamientos: refuerzos locales, juntas temporales, etc

MANTENIMIENTO DE LA SEGURIDAD NUCLEAR

En base a los datos de levantamientos obtenidos con las nivelaciones topográficas hasta 1980 se prepararon dos modelos de previsión (Dr. Serrano y Bechtel) para los próximos 40 años.

Se adoptaron medidas para reducir el acceso de agua a la roca como drenaje profundo, gunitados de laderas, impermeabilización superficial y una barrera impermeable que aísla el grupo del río Ebro y de sus avenidas.

Se proyectaron unas instalaciones que estuvieran a cubierto de los mayores movimientos posibles a lo largo de toda la explotación, revisando las estructuras sistemas y componentes que afectan a la seguridad, para que admitieran los movimientos diferenciales previstos por los modelos.

LAND UPLIFTING – ORIGIN AND INITIAL EVOLUTION

The site for Unit II of the Asco Nuclear Power Plant was decided on once construction had started on Unit I. In order to use the same design for both units the elevations were respected and the centre of the main buildings were simply located several hundred metres apart.

A large excavation was initiated in 1974 to a natural depth of 70 metres. This led to an uplifting of the land due to elastic expansion from decompression. This phenomenon was foreseeable and it was expected that it would occur immediately after the excavation and that it would cease in a short period of time.

However, as a consequence of this uplifting, cracks appeared that allowed water to enter the solid rock mass which activated the expansive clays present in it. Therefore, since then a search has continued for a new balance in pressures and humidity in the rock.

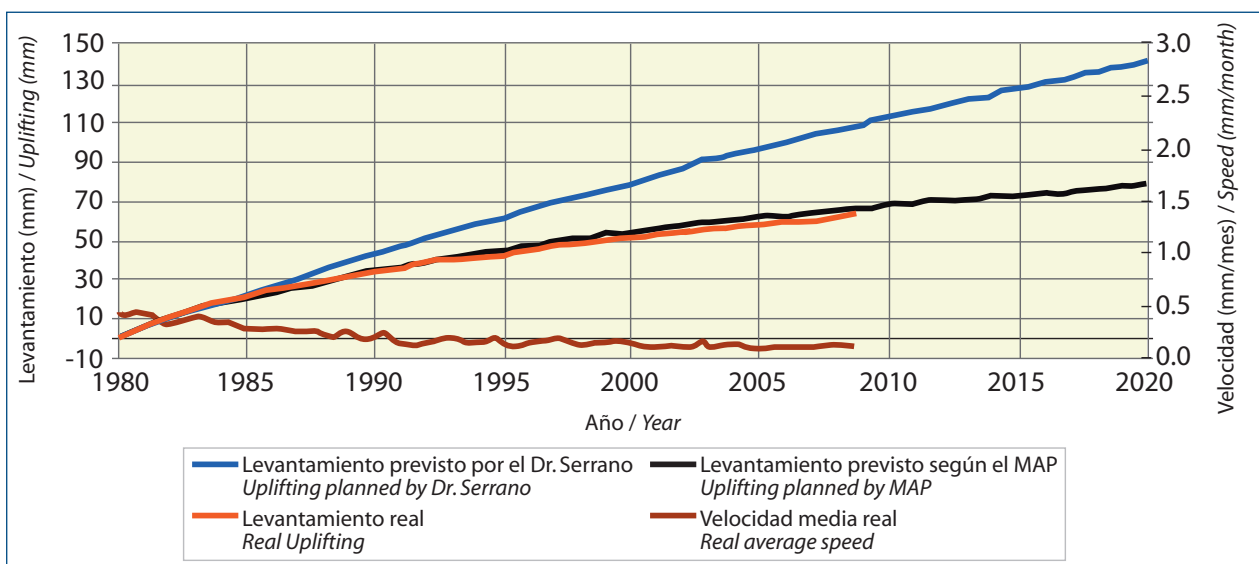
A series of actions aimed at studying and minimising the effects of this uplifting was immediately initiated:

- The experts Dr. Serrano from the Land Mechanics Laboratory of Madrid and Drs. McClure and Lepps from the Department of Geology of Bechtel were consulted and they recommended the restitution of the loads to the land as quickly as possible to prevent the access of important amounts of water to the excavation area.
- Tests were made on the swelling of marls and mineralogical analyses were carried out on the rock to ascertain the expansible capacity of the clay.
- Measuring points were installed to ascertain the uplifting values and to be able to make a prediction model through the numerical analysis of said values.
- Simultaneously to the construction of the foundations and walls of the buildings several measures were taken to combat the effect of the local reinforcement upliftings, temporary joints, etc.

MAINTAINING NUCLEAR SAFETY

Based on the uplifting data obtained from the topographic levelling up until 1980, two prediction models were prepared (Dr. Serrano and Bechtel) for the next 40 years.

Measures were taken to reduce the access of water to the rock such as deep drainage, building up of slopes, surface waterproofing and a watertight barrier that isolates the unit from the Ebro river and its floods.



Evolución del levantamiento global de la planta. / Evolution of global uprising plant.

El planteamiento efectuado por la Dirección de Proyecto fue el de tener garantizada la seguridad nuclear sin considerar la mejora conseguida por las medidas tomadas durante la construcción de la planta.

MANUAL DE VIGILANCIA DEL MOVIMIENTO DEL TERRENO

El primer Permiso de Explotación Provisional (PEP) de abril de 1985 incluía la existencia de un Manual de Vigilancia de Movimiento del Terreno (MVMT Rev. 0, de octubre de 1985) para vigilar la evolución del movimiento del terreno respecto las previsiones.

El hinchamiento del terreno en los primeros años fue atenuándose muy rápidamente, pasando de valores de 9 mm/mes en 1975 a valores de 0,5 mm/mes en 1985 y 0,09 mm/mes en 2008.

Viendo que el levantamiento evolucionaba muy por debajo de las previsiones iniciales, a partir de 1990 se utiliza un modelo de previsión adicional (MAP - Modelo para Actualización de Previsiones) considerando un mayor historial de datos, el cual se aproxima más a la realidad.

El MVMT requiere periódicamente un análisis del estado hidrológico de la planta (cada 12 meses), un análisis del estado de planta en cuanto a movimiento de estructuras, sistemas y componentes (cada 18 meses); y un tercer análisis de medidas extensométricas del hinchamiento de las capas de margas (cada 18 meses).

Para la realización de estos análisis se toman medidas en campo, algunas de ellas de forma semanal:



Fotografías de la construcción donde se puede observar el volumen de la excavación. La cota superior del terreno está situado aproximadamente en la cota 115 m y la excavación se realizó hasta la cota 21 m aproximadamente.

Photographs of the building where it can be seen the volume of the excavation. The upper bound of the land is situated at an altitude of approximately 115 m and the excavation was carried out to approximately 21 m height.

Installations were projected to be protected from the largest possible movements throughout operation and a revision was made of the structures, systems and components that affect safety, so that they would admit the differential movements predicted by the models.

The approach maintained by the Project Management was that of guaranteeing Nuclear Safety achieved from the measures taken during Plant construction without considering the improvements.

LAND MOVEMENT SURVEILLANCE MANUAL

The first Provisional Operating License (PEP) in April 1985 included the existence of a Land Movement Surveillance Manual (MVMT Rev. 0 of October 1985) to monitor the evolution of the movement of the land with respect to the predictions.

The swelling of the land in the first years decreased very quickly, falling from 9 mm/month in 1975 to values of 0.5 mm/month in 1985.

In light of the fact that the uplifting was evolving well below the initial predictions, as from 1990 an additional prediction model (MAP - Model for Updating Predictions) taking into consideration a larger amount of data, which was closer to reality.

The MVMT requires a periodical analysis of the hydrological status of the plant (every 12 months), an analysis on the status of the plant regarding the movement of structures, systems and components (every 18 months); and a third analysis of the extensometric measures of the swelling of the layers of marls (every 18 months).

In order to carry out these analyses, readings are taken in the field, some of them on a weekly basis:

- High accuracy topographic levelling at 540 points
- 7 depth extensometers
- 31 three dimensional meters
- 25 clinometers
- 23 convergence bases on walls
- 94 bases for unit deformations on walls and pillars
- 9 corrosion probe rods
- 7 crackmeters
- 4 ultrasound recognition points in concrete beams
- Inspection for cracks in all the structural walls
- Inspection of piping and supports regarding clearances and interferences
- 78 piecemeters
- 8 deep drainage wells
- 300 chemical analyses of annual waters (approx)

EVALUATIONS

• The purpose of the analysis of the hydrological status of the plant is to provide a knowledge of the regime of underground waters and surface waters at the plant and their relationship with the uplifting of the land; to evaluate the effectiveness of the methods to control underground waters and surface waters and to detect the important hydrological variations on the site, evaluating their possible effect on the uplifting of the land.

The scope of hydrological surveillance includes rainfall, water levels in the Ebro river, flows in the deep drainage system,

- Nivelación topográfica de alta precisión en 540 puntos.
- 7 extensómetros de profundidad.
- 31 medidores tridimensionales.
- 25 clinómetros.
- 23 bases de convergencia en muros.
- 94 bases para deformaciones unitarias en muros y pilares.
- 9 barras testigo de corrosión.
- 7 fisurómetros.
- 4 puntos de reconocimiento ultrasónico de vigas de hormigón.
- Inspección de fisuras en todos los muros estructurales.
- Inspección de tuberías y soportes respecto holguras e interferencias.
- 78 piezómetros.
- 8 pozos de drenaje profundo.
- 300 análisis químicos de aguas anuales (aprox.).

EVALUACIONES

- La finalidad del análisis del estado hidrológico de la planta es proporcionar un conocimiento del régimen de aguas subterráneas y aguas superficiales en el emplazamiento de la central, y su relación con el levantamiento del terreno; evaluar la efectividad de los métodos de control de aguas subterráneas y aguas superficiales, y detectar las variaciones hidrológicas importantes en el emplazamiento, evaluando su posible efecto sobre el levantamiento del terreno.

El ámbito de vigilancia hidrológica incluye la precipitación, niveles de agua del río Ebro, caudales en el sistema de drenaje profundo, balance hidrológico, niveles de agua subterránea y calidad de las aguas.

- El análisis del estado de la planta en cuanto a movimiento de estructuras sistemas y componentes comprende la evaluación de diversos parámetros.

Seguimiento del movimiento real obtenido de las nivelaciones frente a los modelos de previsión. El levantamiento global de la planta muestra una atenuación siendo su valor acumulado desde 1980 de 60 mm.

Seguimiento de la deformación de estructuras. En base a los movimientos reales de diversos puntos de cada edificio se caracteriza la deformación de los muros y losas estructurales. Estas deformaciones, por una parte, contribuyen a agotar la capacidad de resistencia estructural y por otra inciden en el funcionamiento de los equipos y tuberías que alberga.

Se compara la superficie que represente la deformada real de la estructura con las previsiones de deformación de la misma. Adicionalmente se correlaciona el estado de fisuración de los muros estructurales con estas deformaciones.

Seguimiento de equipos relacionados con la seguridad. El fabricante establece para cada equipo o componente un radio de curvatura mínimo y un basculamiento máximo admisibles. El objeto de la evaluación es verificar que todos estos parámetros permanecen por debajo de sus límites de precaución.

Seguimiento de tuberías, conductos eléctricos y conductos de ventilación. Se evalúa el estado de cargas y tensiones en las líneas de clase Sísmica I provocadas por estos movimientos, teniendo en cuenta la deformada interna de cada edificio así como los desplazamientos relativos entre edificios. Se compara con los requisitos de diseño y se corrigen las desviaciones.

En general, todos los parámetros analizados se encuentran por debajo de sus previsiones.

- El análisis de medidas extensométricas del hinchamiento de las capas de margas está orientado a medir el espesor y evolución de la capa activa de roca en hinchamiento.

El estudio de las medidas disponibles hasta la fecha indica que la capa activa mantiene su espesor y no progresa en profundidad.

CONCLUSIONES

El estudio de este fenómeno así como de las soluciones adoptadas para su control y seguimiento fue un reto técnico para las empresas propietarias, dirección de obra, Consejo de Seguridad Nuclear, universidades e ingenierías consultadas.

Fruto del trabajo en común de los anteriormente mencionados, un problema potencial se recondujo a un fenómeno conocido y controlado que permitió disponer de un diseño de la planta que garantizara la seguridad nuclear a lo largo de toda la explotación de la misma.

El posterior seguimiento y evaluación requeridos por el Manual de Vigilancia de Movimiento del Terreno demuestran que las previsiones iniciales eran conservadoras y, en general, todos los parámetros vigilados permanecen dentro de los límites de precaución.

hydrological balance, underground water levels and quality of the water.

- The analysis of the status of the plant regarding the movement of structures, systems and components includes the evaluation of several parameters.

Monitoring of the real movement obtained from the levelling against the prediction models. The overall uplifting of the plant shows a decrease with its accumulated value since 1980 being 60 mm.

Monitoring of the deformation of structures. Based on the real movements of each building a characterisation is made of the deformation in the walls and on structural slabs. On the one hand, these deformations contribute to depleting the structural resistance capacity and on the other hand have an impact on the operation of equipment and on the pipes.

A comparison is made of the surface represented by the real deformation of the structure and its deformation predictions.

A correlation is also made between the cracking status of the structural walls with these deformations.

Monitoring safety related equipment. The manufacturer establishes a minimum curve ratio and a maximum turnaround that are admissible for each piece of equipment or component.

Monitoring of piping, electrical conduits and ventilation conduits. An evaluation is made of the status of the loads and stresses, taking into account the internal deformation of each building as well as the relative movements between buildings. This is compared with the design requisites and the deviations are corrected.

In general all of the parameters analysed are below their predictions.

- The analysis of the extensometric readings of the swelling of the layers of the marls is aimed at measuring the thickness and evolution of the active layer of rock in swelling.

The study of the readings available to date indicates that the active layer maintains its thickness and does not progress in depth.

CONCLUSIONS

The study of this phenomenon as well as the solutions adopted for their control and monitoring was a technical challenge for the owner companies, Project Management, Spanish Regulatory Body, Universities and engineers consulted.

As a result of the joint work of the above mentioned, a potential problem was diverted into a known and controlled phenomenon that made it possible to have a plant design that would guarantee Nuclear Safety throughout the whole period of plant operation.

The further monitoring and evaluation required by the Land Movement Monitoring Manual show that the initial predictions were conservative and, in general, all of the parameters monitored remained within the limits of precaution.