

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 ILUMINACIÓN DE ESTADIOS	
1.1. ANTECEDENTES	4
1.2. NORMAS Y PARÁMETROS DE ILUMINACIÓN.....	8
1.3. PROYECTORES.....	10
1.4. MÉTODO DE LOS LUMENES	13
1.5. MÉTODO DEL PUNTO POR PUNTO	
CAPÍTULO 2 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LAS TORRES DEL ESTADIO OLÍMPICO UNIVERSITARIO	
2.1. INSTALACIÓN Y TIPO DE LÁMPARA	19
2.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	23
2.3. CARGA DEMANDADA POR EL ALUMBRADO	27
2.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	29
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS TORRES DEL ESTADIO OLÍMPICO UNIVERSITARIO	
3.1. CARACTERÍSTICAS.....	35
3.2. ALIMENTACIÓN DE LAS SUBESTACIONES	39
3.3. SISTEMA DE TIERRAS DE LAS SUBESTACIONES.....	40
CAPÍTULO 4 ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN LAS TORRES DEL ESTADIO OLÍMPICO UNIVERSITARIO	
4.1. CARACTERÍSTICAS.....	43
4.2. SELECCIÓN DE LA LUMINARIA.....	45
4.3. ESTUDIO DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	51
4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO.....	56
CAPÍTULO 5 ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO EN LAS TORRES DEL ESTADIO OLÍMPICO UNIVERSITARIO	
5.1. MODIFICACIONES Y NUEVO EQUIPO	58
5.2. CONDUCTORES Y CANALIZACIÓN	61

5.3. SISTEMA DE TIERRAS	64
CAPITULO 6 ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS EN LAS TORRES DEL ESTADIO OLÍMPICO UNIVERSITARIO	
6.1. CARACTERÍSTICAS.....	75
6.2. ANTECEDENTES Y NECESIDADES.....	76
6.3. DISEÑO	81
CONCLUSIONES	97
ANEXOS	99
INDICE DE TABLAS Y FIGURAS	123
BIBLIOGRAFÍA	126

INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de contar con espacios adecuados para la práctica deportiva en las instalaciones de Ciudad Universitaria en la Ciudad de México, se determinó la construcción de un estadio que, por su modernidad y arquitectura, fuera un modelo para toda América Latina.

El 7 de agosto de 1950 inició la historia; se colocó la primera piedra de lo que hoy es el majestuoso Estadio Olímpico Universitario y que, el 20 de noviembre de 1952, abrió sus puertas con una ceremonia inaugural encabezada por el presidente Miguel Alemán y el rector Luís Garrido, para después, al filo de las 5:30 de la tarde, dar paso a los II Juegos Juveniles Nacionales.

El Estadio Olímpico Universitario se construyó con los más modernos adelantos tecnológicos de la época. Dotándosele de espacio suficiente para que en su entorno se edificaran canchas de calentamiento, una alberca, un gimnasio cerrado y un jardín botánico. Fue el primer edificio construido en lo que actualmente es Ciudad Universitaria.

El proyecto arquitectónico y la dirección estuvieron a cargo de los arquitectos Augusto Pérez Palacios, Raúl Salinas Moro y Jorge Bravo Jiménez, quienes contaron con la valiosa colaboración del entrenador de fútbol americano Roberto *Tapatío* Méndez y el profesor Jorge Molina Celis.

El Estadio Olímpico Universitario tiene capacidad para 68 mil 954 espectadores; tiene 42 túneles de acceso. La construcción que corona la tribuna del costado poniente del estadio en donde se ubican los controles del tablero electrónico, los palcos de prensa, radio y televisión, es conocida como “El Palomar”.

El Estadio Olímpico Universitario ha sido sede de las finales nacionales de los Juegos Deportivos Juveniles, los clásicos del fútbol americano estudiantil Politécnico-Universidad y los XIX Juegos Olímpicos en el año de 1968.

Se han celebrado, además, dos ediciones de los Juegos Deportivos Centroamericanos y del Caribe, esto, en los años de 1954 y 1990. Así como también los Juegos Deportivos Panamericanos de 1955 y 1975. En 1977 se efectuaron los Juegos Deportivos Estudiantiles Centroamericanos y del Caribe y en 1979 se realizó la Universiada Mundial. Por si fuera poco, el Estadio Olímpico Universitario fue uno de los escenarios del Campeonato Mundial de Fútbol Soccer de 1986. Actualmente, este recinto universitario es la sede del equipo de fútbol soccer de Primera División de los Pumas, así como también del equipo de fútbol Americano de la UNAM.

Por toda esta historia, por los eventos importantes celebrados en él y como parte integrante del Primer Circuito Universitario de la **Ciudad Universitaria de la UNAM**, el 28 de junio de 2007 fue inscrita por la **UNESCO** en la lista de sitios que son Patrimonio cultural de la Humanidad.

La construcción de las gradas en el estadio fue diseñada de tal manera que se hiciera óptimo el ángulo visual de los espectadores sin importar el lugar en donde se encuentren. Para los encuentros nocturnos, al principio se tenían seis torres, ubicadas 3 por encima del ahora pebetero y tres más en la zona del palomar; con el paso del tiempo se modificó y en la actualidad cuenta con cuatro torres de alumbrado de aproximadamente 45 metros de altura con 1,670 lámparas incandescentes de cuarzo-yodo de 2,000 [W] cada una.

Cada torre de alumbrado está compuesta por dos subestaciones eléctricas, aunque, en total, son 14 las subestaciones instaladas en el Estadio Olímpico Universitario y su distribución es la siguiente: 8 se encuentran en las cuatro torres; el cuadro marcador, el pebetero, el palomar, los vestidores, la zona de prensa y el antiguo maratón cuentan, respectivamente, con una subestación eléctrica cada una de ellas. La subestación eléctrica antiguo maratón se encuentra ubicada en lo que antes era la entrada para atletas por debajo del cuadro marcador; garantizando así que nunca se quede sin energía eléctrica.

Dado que el problema principal radica en el consumo de energía eléctrica que se tiene en los eventos nocturnos, es importante tomar las medidas necesarias para tener un ahorro importante en esta línea, ya que existen los avances tecnológicos para poder analizar y realizar este proyecto que, desde varios años atrás, se ha estado planeado a través de propuestas e invitaciones por parte de varias empresas importantes líderes en el mercado. En suma. se cuenta con el presupuesto y la autorización por parte de las autoridades universitarias para llevarlo a cabo.

Dicho proyecto abarcará la actualización del sistema de iluminación, sistema eléctrico y sistema de protección contra descargas atmosféricas en las torres del Estadio Olímpico Universitario, para así, poder proporcionar la mejor calidad de iluminación a los deportistas y espectadores además de estar a la vanguardia en tecnología de iluminación.

Por ello. en esta tesis se realizará un estudio comparativo y de análisis de los actuales y futuros sistemas de electricidad e iluminación para la realización de los partidos de fútbol principalmente. Todo esto con la finalidad de optimizar el sistema de iluminación a nivel cancha y tribuna considerando la continuidad del sistema eléctrico, sus protecciones y los ahorros de energía eléctrica.



Estadio Olímpico Universitario.

CAPÍTULO 1

ILUMINACIÓN DE ESTADIOS

1.1. ANTECEDENTES.

Un estadio deportivo puede tener diferentes utilidades tales como la realización de partidos de fútbol, básquetbol, béisbol, fútbol americano, encuentros de box, deportes olímpicos, espectáculos musicales, espectáculos masivos u otros tipos de eventos, de manera que para cada uno de ellos se debe contemplar una iluminación especial. Una cancha de fútbol tiene dimensiones muy amplias y en todos los sectores, incluso en el plano vertical, debe cumplir con niveles de iluminación que permitan el mejor espectáculo.

El objetivo de iluminar instalaciones deportivas, como los estadios de Fútbol, es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Lógicamente, las exigencias variarán según el tipo de instalación que se requiera (recreo, entrenamiento o competición) y el nivel de actividad (amateur, profesional y/o transmisión por televisión).

Contar con una buena iluminación en este tipo de instalaciones permite que los jugadores y demás objetos en movimiento sean perfectamente visibles independientemente de su tamaño, posición en el campo, velocidad y trayectoria. Para ello, son importantes los niveles de iluminación tanto horizontal como vertical. Esto es debido a que debe pensarse en una iluminación que cumpla en ambos planos, es decir, que alumbre al jugador en un ángulo de 360 grados. Y, todo esto, es con el fin de que el jugador pueda ver bien al frente, atrás y hacia arriba para los balones en alto. De este modo, se asegura que jugadores, árbitros y cámaras de televisión desempeñen mejor su trabajo.

La iluminancia horizontal (E_H) es una medida de iluminación que está referida al plano horizontal; en este caso son las medidas registradas sobre la cancha. Estos niveles de iluminación determinan el estado de adaptación de ojo del observador y constituye el fondo visual sobre el cual se desarrollan las acciones, en este plano horizontal es necesario alcanzar un nivel de iluminación uniforme óptimo, así como un valor de Iluminancia Media (E_M). Para medir este tipo de iluminancia se requiere trazar una rejilla de 10m x 10m sobre el terreno de juego, dicha rejilla es distribuida uniformemente como base para recopilar estas mediciones (ζ) y calcular la iluminación máxima/mínima/media del campo de juego¹.

La iluminancia vertical (E_V) a nivel de campo es la cantidad de iluminación que recibe la superficie vertical de los jugadores a una altura de 1.5m sobre la superficie del terreno de juego. Ésta iluminación ayuda a presentar detalles del primer plano de los jugadores (particularmente sus rostros), por lo que los valores de iluminación en los planos verticales influyen mucho en la calidad de las transmisiones de TV. Dichos valores también influyen en la correcta visión del balón cuando este alcanza diferentes alturas en el terreno de juego; Las iluminancias verticales se consideran únicamente cuando se tiene una participación de los medios de comunicación audiovisuales.

La iluminación en la cancha debe asegurar una buena uniformidad en los niveles de iluminancia horizontal y vertical con el propósito de evitar que tanto los espectadores, como los medios de comunicación, se vean forzados a realizar ajustes de imagen. El **coeficiente de uniformidad** se expresa como la relación entre el valor de iluminancia mínima y máxima (U_1), o una relación entre el valor de iluminancia mínima y media (U_2). Esto es:

$$U_1 = \frac{E_{mínima}}{E_{máxima}}, \quad U_2 = \frac{E_{mínima}}{E_{media}} \quad (1.1)$$

¹ De acuerdo a la publicación oficial de la FIFA, Estadios de Fútbol, Recomendaciones técnicas y requisitos, Cuarta Edición, 2007.