

# METODOLOGÍA PARA LA GENERACIÓN DE UN MODELO DE MOVILIDAD SOSTENIBLE EN LA UEx

**Francisco Javier Jaraíz Cabanillas**

Departamento de Didáctica de las Ciencias Sociales,  
de las Lenguas y las Literaturas. Universidad de Extremadura  
jfjaraiz@unex.es

**José Castro Serrano**

Gestor de Proyectos. Universidad de Extremadura.  
josecastro@unex.es

**José Antonio Gutiérrez Gallego**

Departamento de Expresión Gráfica. Universidad de Extremadura.  
jagutier@unex.es

---

## 1. FUENTE DE DATOS

Para la realización del Plan de Movilidad Sostenible de la UEx y, concretamente, la generación de un Modelo SIG, se contó con distintos datos de partida, sin los cuales no se hubiera podido realizar un estudio con garantías. Los datos con los que se contó en un inicio son:

- Tablas de registro poblacional (UTEC-UEx, 2015). Se utilizan las tablas recabadas por la “Unidad Técnica de Evaluación y Calidad” de la UEx, sobre alumnos y trabajadores inscritos en cada centro y ciudad universitaria concretos. De aquí se extrae la población objeto de estudio, desagregada por sexo, tipo de vinculación con la universidad (alumnos de grado, alumnos de posgrado, personal docente e investigador o PDI, personal de administración y servicios o PAS u Otros) y centro adscrito dentro de cada campus analizado (Plasencia, Cáceres, Mérida o Badajoz). En el caso del campus de Cáceres, también se contemplan la Facultad de Estudios Empresariales y Turismo y el edificio de Rectorado, por encontrarse ambos alejados del campus pero pertenecientes a la población y ámbito objeto de estudio. En la misma situación se contemplan en el Badajoz la Facultad de Biblioteconomía y documentación y la Escuela Ingeniería Agraria.

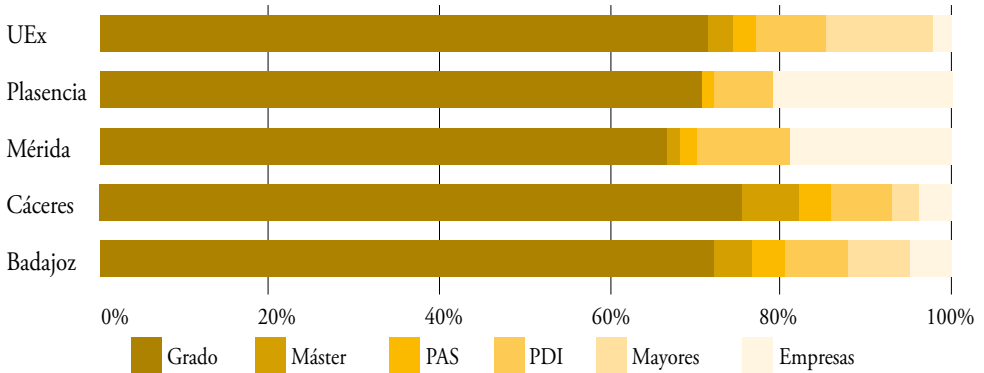
- Información sobre Universidad de Mayores (UMEx, 2015). Se recaba información tabular sobre el número de alumnos matriculados en la UMEx, desagregado igualmente por sexo y centro de adscripción en cada ciudad campus.
- Centros de investigación o empresas vinculadas (2015). Junto a la población interna de la propia universidad, se recopila información sobre el volumen de usuarios externos que acceden igualmente a trabajar a los diferentes centros de investigación o empresas ubicadas en los campus objetos de estudio. Así, en el caso de Cáceres se dispone del número de trabajadores del CENIT Insa e Intromac. De Badajoz, se tiene información similar de Indra Sistemas S.A. y del Parque Científico-Tecnológico de Extremadura (Plasencia y Mérida no tienen centros externos a la UEx cuyos movimientos pudieran ser representativos). Este volumen de trabajadores está desagregado por sexo y centro de trabajo dentro de cada campus universitario.
- Cartografía base (IGN, 2015). Para identificar la ubicación de cada campus universitario, los diferentes centros albergados en cada caso y las zonas residenciales de la población que accede habitualmente a cada campus, se genera información cartográfica en formato “.shp” compatible con entornos GIS genéricos. Parte de esta información se extrae del Instituto Geográfico Nacional (2015) y parte es de generación propia para este estudio.

De los datos de partida se obtiene ya información que permite poder enfocar el estudio en la dirección correcta. A continuación se muestran algunas de las características más importantes de la población de estudio: los usuarios de la Universidad de Extremadura.

### **1.1. Caracterización de la población de estudio**

Una primera impresión sobre la muestra a estudiar, nos la proporciona las clasificaciones de la población en función de la relación que guardan con la Universidad de Extremadura y el centro de estudios al que pertenecen dentro de los campus universitarios.

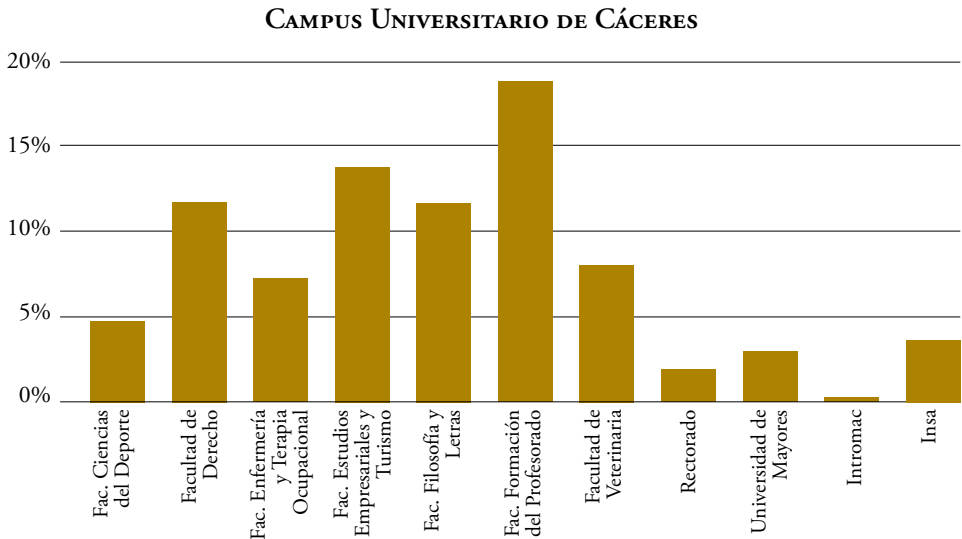
En la Figura 1, se puede observar como el grupo de mayor volumen es el de los estudiantes de grado, seguido por los estudiantes del grupo de mayores y el personal docente e investigador. En menor proporción tenemos el grupo de los estudiantes de master, el personal administrativo y los empleados de las empresas ubicadas en los campus. De esta clasificación podemos adelantar que los grupos con alto porcentaje de representación, tendrán mayor influencia en los resultados del estudio.



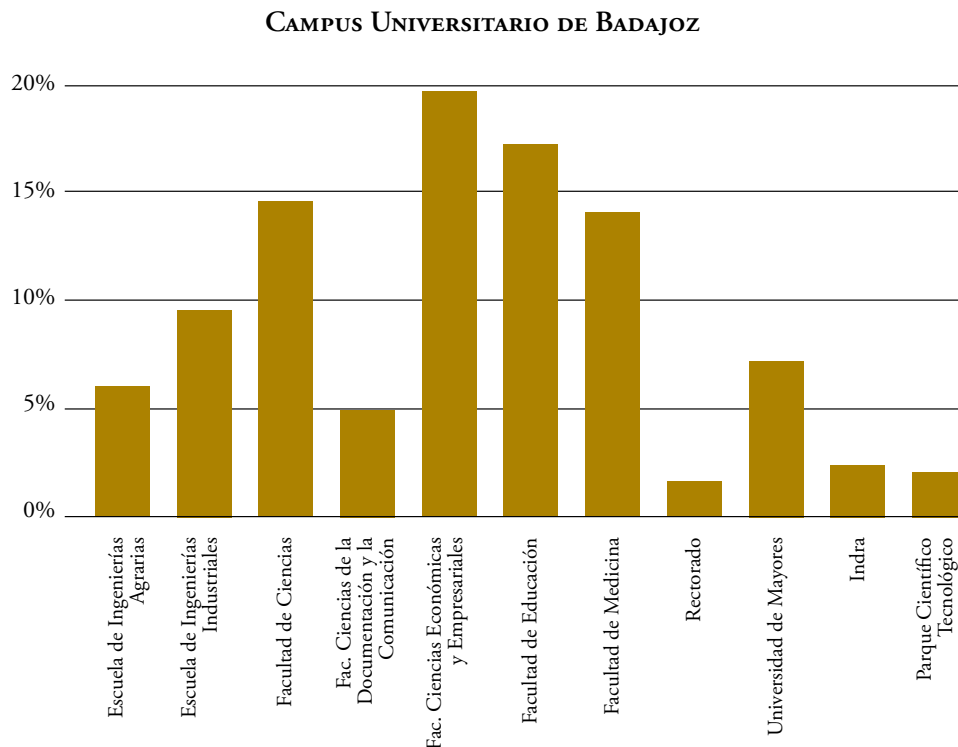
**Figura 1.** Distribución de la población según la vinculación con respecto a la Universidad de Extremadura.

Otra clasificación previa al estudio que se realizó fue clasificar por centros a la población dentro de los dos campus que cuentan con más de un centro de estudios.

Como se observa en la Figura 2, la distribución de la población en función del centro al que pertenecen dentro del campus universitario de la ciudad de Cáceres. En la Figura 3, tenemos la distribución por centros de estudio dentro del campus de la ciudad de Badajoz. Como en la clasificación anterior, los centros con mayor representación de población dentro su respectivo campus universitario tendrá mayor influencia en la movilidad del campus en cuestión.



**Figura 2.** Distribución por centros en el campus universitario de Cáceres.



**Figura 3.** Distribución por centros en el campus universitario de Badajoz.

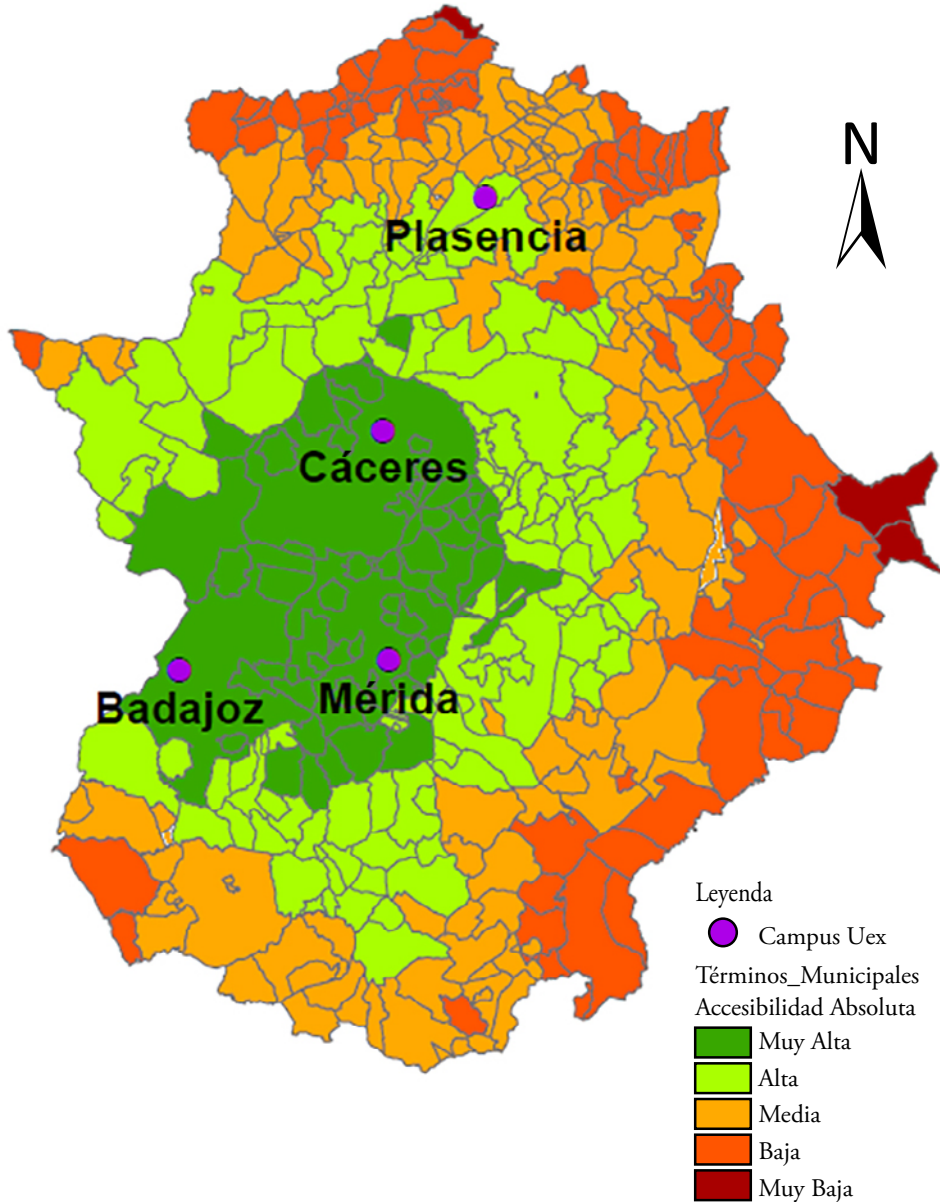
## 1.2. Accesibilidad a los campus de la Universidad de Extremadura

Se puede afirmar que la accesibilidad de una localización es muy importante para su desarrollo económico, social, cultural, urbanístico, etc.; por este motivo, se deben establecer unas correlaciones entre los indicadores de accesibilidad y las variables socioeconómicas y territoriales. En este sentido, el análisis de la accesibilidad puede convertirse en un elemento de pronóstico (Izquierdo y Monzón, 1992).

El indicador de accesibilidad absoluta es sensible a la localización geográfica de los núcleos de población, primando a las zonas centrales, lo que resulta fundamental desde el punto de vista del desarrollo regional, en el que la base territorial no puede obviarse.

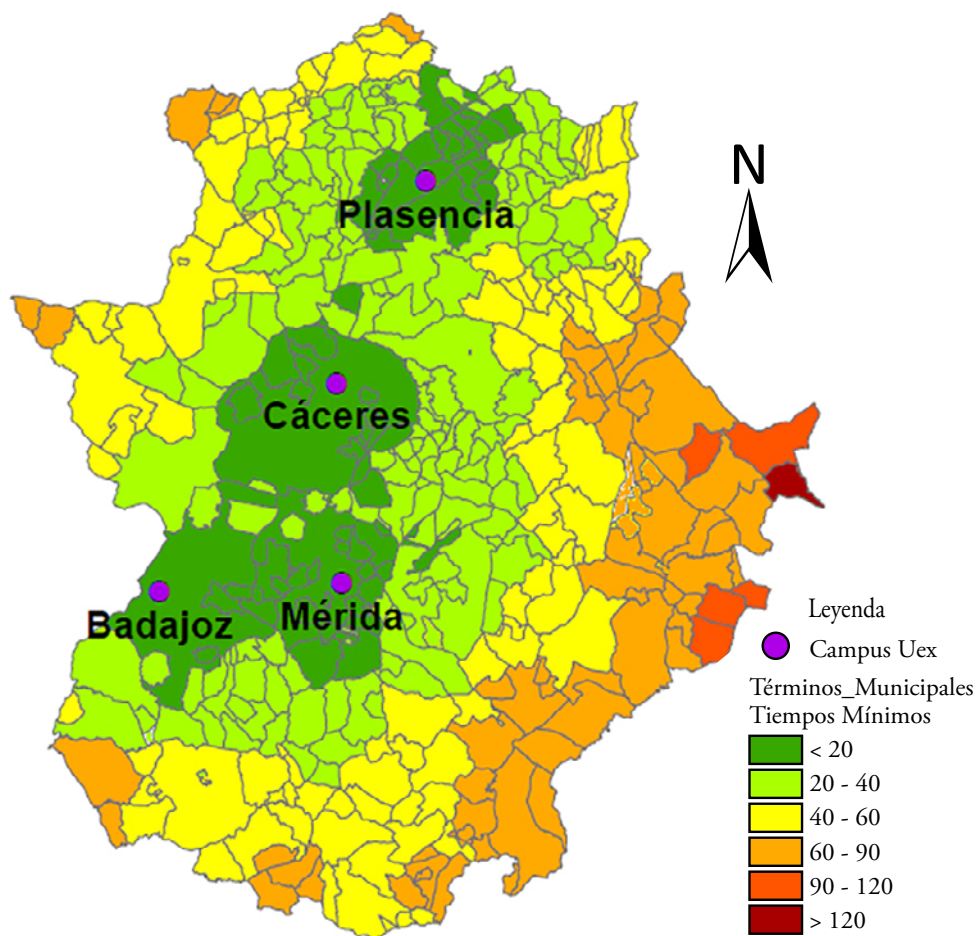
La accesibilidad absoluta mide el grado de interconexión de un punto con el resto de puntos de la región estudiada, relacionando los potenciales de población y el tiempo mínimo a través de la red de los núcleos de población a las principa-

les aglomeraciones urbanas. Se trata de calcular la media ponderada del tiempo mínimo que separa a cada núcleo de población con respecto a las diferentes aglomeraciones urbanas a través de la red (Gutiérrez, J.A., 2010).



**Figura 4.** Representación de accesibilidad absoluta de los centros de la Universidad de Extremadura.

En la Figura 4, observamos cómo la zona de máxima accesibilidad es la comprendida entre las ciudades de Cáceres, Mérida y Badajoz. Esto es fruto de la buena red de infraestructuras con al que cuentan estas ciudades. Gracias a esto, los centros de la Universidad de Extremadura, se acercan sus servicios al resto de la población extremeña. A medida que nos vamos alejando, la accesibilidad disminuye concéntricamente. La ciudad de Plasencia cuenta con una Alta-Media, no teniendo la misma capacidad de permitir la entrada de usuarios a sus centros mediante la infraestructura viaria. Las zonas más alejadas y con peores niveles de accesibilidad son aquellas en las que los accidentes orográficos y las masas de agua que han de superar (ríos y embalses), influyen en buena medida en las infraestructuras de acceso (noroeste, nordeste y este de Extremadura).



Otro indicador interesante obtenido con entornos GIS y gracias al modelo de transporte creado, es el análisis de tiempos mínimos de acceso a cada ciudad campus extremeña (Figura 5). En este sentido, se observa cómo prácticamente el 80% de la población se encuentra a menos de 1 hora de un centro universitario (y de ellos al menos la mitad, a menos de 40 minutos). Observando estos datos analizamos la calidad del acceso a los centros de la universidad de Extremadura, que en la actualidad es buena, máxime teniendo en cuenta que gran cantidad de usuarios se localizan en los principales núcleos urbanos de esta región ya que buena parte de los estudiantes se desplazan de sus lugares de residencia temporalmente a estos núcleos para realizar sus estudios superiores.

## 2. CAPTURA DE INFORMACIÓN

Para poder realizar este estudio fue necesario recopilar una información, adicional de la población de estudio, para que junto a los datos de partida, se pueda tener una base sólida sobre la que sustentar nuestras afirmaciones y conclusiones.

### 2.1. Encuestas de movilidad

Lo primero que se hizo previo a la explotación de los datos, es detectar cuales son las pautas de movilidad seguidas por los usuarios de la Universidad de Extremadura. Para ello se llevó a cabo un proceso de encuestado de preferencias declaradas en destino. Esto consiste en preguntar a los usuarios cuáles son sus pautas diarias de movilidad para acceder a los diferentes campus de la Universidad de Extremadura.

Para poder realizar este proceso, lo primero que se hizo fue determinar el tamaño mínimo muestral, esto es fundamental para que la información extraída de la encuesta sea representativa de la movilidad de la población total de estudio. Para obtener dicho tamaño muestral se utilizó la siguiente expresión:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde N es la población total a analizar,  $Z^2$  es el valor a contemplar para asegurarse un Intervalo de confianza del 95%, p es la probabilidad de encontrar al perfil tipo a encuestar (en este caso se toma el caso más desfavorable,  $p=0,5$ ), q es  $1-p$  y  $d^2$  es el error máximo asumido en la muestra (en nuestro caso un 5%).

Los tamaños muestrales que arroja la expresión anterior para los distintos campus de la Universidad de Extremadura se muestran en la Tabla 1.

**TABLA 1. TAMAÑOS MÍNIMOS MUESTRALES A ENCUESTAR EN LOS DIFERENTES CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.**

Campus universitario	Población diana	Nº encuestas
C.U. Plasencia	1.519	307
Campus de Cáceres	10.629	371
C.U. Mérida	932	272
Campus de Badajoz	11.995	372
Totales	25.075	1.322

Con los tamaños mínimos muestrales definidos, el siguiente paso fue configurar la plantilla de la encuesta a realizar a la muestra de estudio. Para ello se utilizó la herramienta web Google Forms con su creador de formularios. En la Figura 6, vemos como ejemplo algunas de las partes del formulario realizado en el Campus de la ciudad de Cáceres.

**Encuesta de movilidad al campus de Cáceres de la Universidad de Extremadura**

Caracterización de los encuestados

Edad

Tu respuesta

Género

Masculino

Femenino

Centro de trabajo/estudios

El encuestado deberá especificar el centro en el que desarrolla preferentemente su laboral o educativa

Elige

**Desplazamientos semanales habituales**

El entrevistado deberá describir sus desplazamientos habituales al Campus de Cáceres a lo largo de la semana, indicando el modo de desplazamiento, el tiempo empleado y el origen o el destino.

	Mañana	Todo el día comiendo en el campus	Todo el día no comiendo en el campus	Tarde
Lunes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Martes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Miércoles	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Jueves	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Viernes	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Tiempo de desplazamiento desde el origen al campus \*

< 10 minutos

Origen/Destino del desplazamiento al campus \*

Ciudad de Cáceres

SIGUIENTE

Nunca envíes contraseñas a través de Formularios de Google.

**Figura 6.** Partes del formulario de encuesta realizado a la muestra de estudio en el Campus de Cáceres.



Otro criterio a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el proceso de encuestado es realizar las encuestas a todos los grupo que nos encontramos en cada centro en la misma proporción en que se encuentran en la población total, con el fin de conseguir unos resultados lo más representativos y que más se asemejen a dicha población.

Para obtener estas encuestas se envió el formulario a los diferentes responsables de cada centro, con el fin de maximizar su difusión. No obstante también fue necesario realizar encuestas in situ en los diferentes centros.

Tras realizar el proceso de encuestado, nos encontramos con un número mayor de respuestas al tamaño mínimo muestral, esto nos asegura poder disponer de la información suficiente para representar la movilidad de los usuarios que acceden diariamente a la Universidad de Extremadura (Tabla 2).

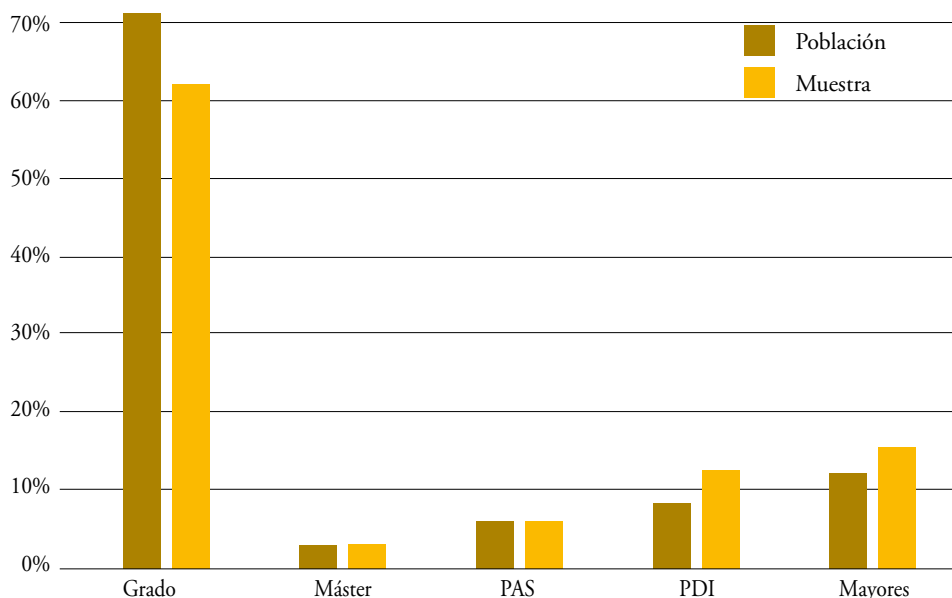
**TABLA 2. MUESTRA FINAL OBTENIDA DEL PROCESO DE ENCUESTADO EN LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA.**

Campus universitario	Censo	Encuestas iniciales	Encuestas finales	Alumnos encuestados	Trabajadores encuestados
Plasencia	1.519	307	309	192	117
Cáceres	10.629	371	908	458	450
Mérida	932	272	298	171	127
Badajoz	11.995	372	673	509	164

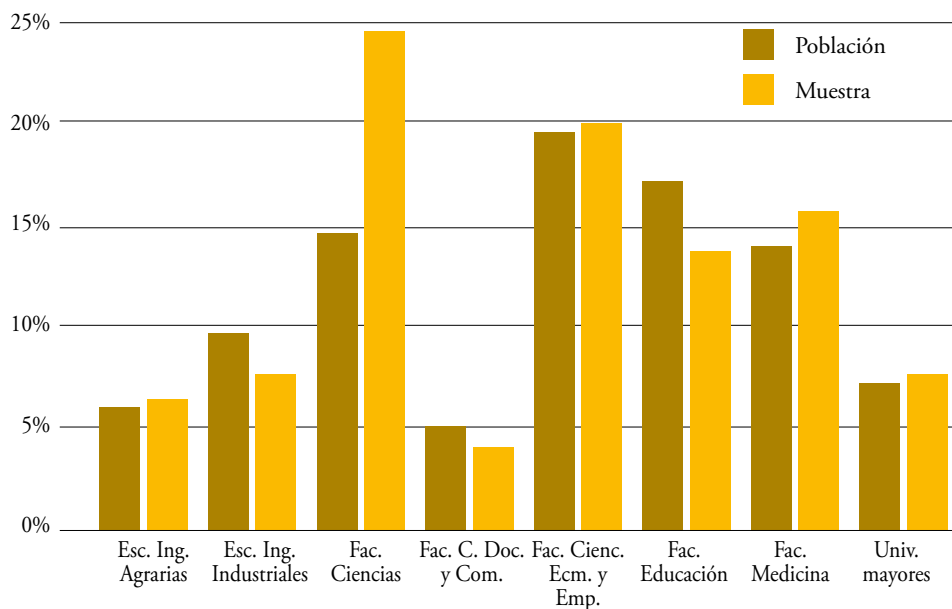
### 2.1. Ajuste de la muestra

Una vez realizada la encuesta a la muestra, es necesario comprobar que lo que se toma como cierto, que la representación de la muestra sobre los usuarios de la Universidad de Extremadura es cierta. Para ello se realizó una comparación de los datos que tenemos del total de la población con los datos extraídos de la muestra de estudio.

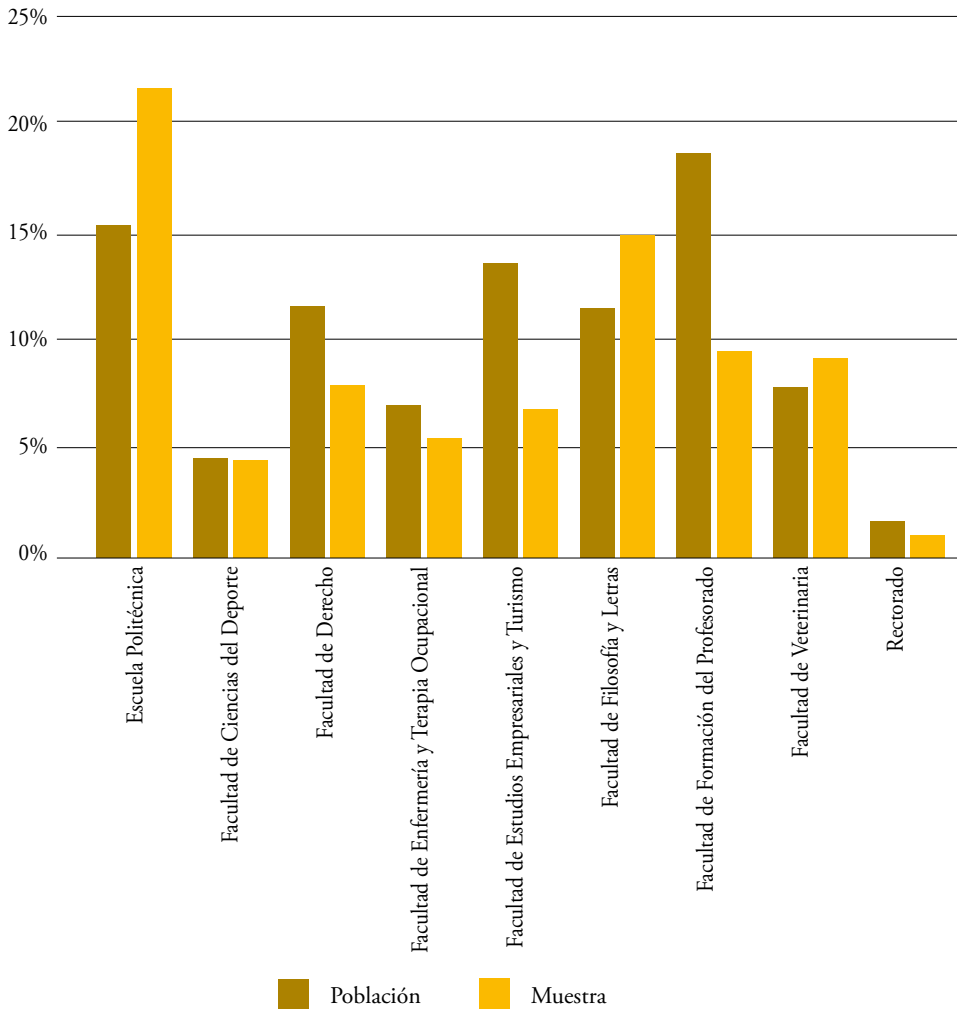
En la Figura 7, se puede observar como la muestra obtenida del proceso de encuestado tiene similitud con los datos globales de la población de estudio, en cuanto a vinculación con la Universidad se refiere. Sin embargo, en la Figura 8 y Figura 9, comparando la muestra con la población total en función del centro al que están asociados los usuarios, se puede ver una cierta desviación. Esto nos lleva a obtener unos resultados que no pueden ser del todo representativos.



**Figura 7.** Comparación entre muestra y población sobre la vinculación con la Universidad de Extremadura



**Figura 8.** Comparativa entre muestra y población sobre los centros del campus de Badajoz



**Figura 9.** Comparativa entre muestra y población sobre los centros del campus de Cáceres

Para evitar posibles desviaciones debida a la desigual estratificación de la muestra, se realizó un ajuste en función de los centros, con el fin de dar a cada centro el valor que le corresponde según la representación en la población de estudio. Una vez ajustada la muestra estamos en disposición de poder extraer de ella toda la información pertinente para nuestro estudio. En la tablas 3, 4 y 5 vemos los factores de ajuste correspondientes a cada centro. Dichos factores se aplicaran a los datos, transformando estos en datos ajustados.

**TABLA 3. AJUSTE DE LA MUESTRA PARA LOS CENTROS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE BADAJOZ**

Población	Muestra	Centros	Factor de Ajuste
6%	6%	Escuela de Ingeniería Agrarias	0,938
10%	8%	Escuela de Ingeniería Industriales	1,230
15%	25%	Facultad de Ciencias	0,595
5%	4%	Facultad de Documentación y la Comunicación	1,249
20%	20%	Facultad de CC. Económicas y Empresariales	0,982
17%	14%	Facultad de Educación	1,261
14%	16%	Facultad de Medicina	0,897
7%	8%	Universidad de Mayores	0,938

**TABLA 4. AJUSTE DE LA MUESTRA PARA LOS CENTROS DEL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES**

Población	Muestra	Centros	Factor de Ajuste
15%	22%	Escuela Politécnica	0,705
5%	5%	Facultad de Ciencias del Deporte	1,001
12%	8%	Facultad de Derecho	1,425
7%	6%	Facultad de Enfermería y Terapia Ocupacional	1,250
14%	7%	Facultad de Estudios Empresariales y Turismo	1,971
12%	15%	Facultad de Filosofía y Letras	0,972
19%	10%	Facultad de Formación del Profesorado	1,975
8%	9%	Facultad de Veterinaria	0,863
2%	1%	Rectorado	1,421

**TABLA 5. AJUSTE DE LA MUESTRA EN FUNCIÓN DEL CAMPUS UNIVERSITARIO**

Población	Muestra	Centros	Factor de Ajuste
6%	14%	Plasencia	0,429
42%	41%	Cáceres	1,021
4%	14%	Mérida	0,273
48%	31%	Badajoz	1,555

### 2.3. Aforos de tráfico

Junto a las encuestas de preferencias declaradas realizadas en destino, también se llevó a cabo un proceso de aforado del tráfico en los dos principales campus de la universidad de Extremadura (los de las ciudades de Cáceres y Badajoz), ya que en estos es donde la movilidad generada por los desplazamientos a los mismos causa mayores problemas debido a la mayor afluencia de personas que en los centros de estudios universitarios de Plasencia y Mérida.

Para realizar estos aforos, lo primero que se realizó fue planificar dicho conteo en un día (aforo de referencia), el cual sea representativo de la movilidad diaria del campus de estudio. Como este aforo se pretende representar un día tipo en el tráfico de los vehículos que acceden al campus y poder identificar las horas de mayor intensidad de tráfico (hora punta o HP).

Para el ya mencionado aforo de referencia, se establece una franja de conteo desde las 7:45 de la mañana, para obtener toda la información de los primeros vehículos que accede al campus, hasta las 22:30, recopilando así hasta el último dato de la salida del campus universitario. Dicho aforo cuenta con la información identificada por sentido de circulación y por el modo de transporte en el que se accede (Automóvil, Autobús Urbano, Moto, Camiones o Furgonetas, Bicicleta y caminando), agrupadas en franjas de tiempo de 15 minutos.

Con el fin de tomar toda esta información lo más clara y ordenada posible, se creó una plantilla diseñada en papel (Figura 10). Una vez finalizado el proceso de aforo, toda la información fue volcada a formato digital, con el fin de analizarla a través de una base de datos relacional. La estructura de la información digital mantuvo el mismo formato que la inicialmente recogida en papel para evitar la posible pérdida de información en la digitalización de los mismos.

	<b>AFORO MANUAL VIARIO</b>						CATEG. TRAMO:	EQUIPO:	HOJA:
	DE ___:___	DE ___:___	DE ___:___	DE ___:___	DE ___:___	DE ___:___	TRAMO:	SENTIDO:	FECHA:
TURISMOS									
CAMIONES LIGEROS FURGONES									
PEATONES									
BUS									
MOTOS									
BICIS									
OBSERVACIONES:									

Figura 10. Plantilla empleada en el periodo de aforo para la recogida de los datos.

Una vez terminado el proceso de aforo en el día de referencia, tanto en el campus de Cáceres como en Badajoz, realizado un martes (día elegido como el más estable a lo largo de la semana) fuera de cualquier periodo anómalo en el calendario universitario, obtenemos datos similares en lo que a hora punta u hora de máxima intensidad de tráfico se refiere.

En el caso del campus de Cáceres, como se muestra en Figura 11, se ha obtenido una hora punta de entrada en la franja horaria entre las 8:45 y las 9:45 horas con una intensidad de 667 vehículos, observando pasado dicho periodo un descenso del tráfico hasta la hora comprendida entre las 16:00 y las 17:00 donde se observa un repunte del tráfico en la entrada a las clases del periodo de tarde. En cuanto a la salida, una tendencia ascendente en el tráfico hasta llegar a la hora de mayor intensidad que se encuentra entre las 14:00 y las 15:00 horas con un total de 675 vehículos contabilizados. Después de este periodo se observa una disminución del tráfico para después aumentar de nuevo entorno a las 18:00 para mantenerse constante hasta el final de las clases a las 21:00 horas donde prácticamente desaparece o se vuelven muy esporádicos.

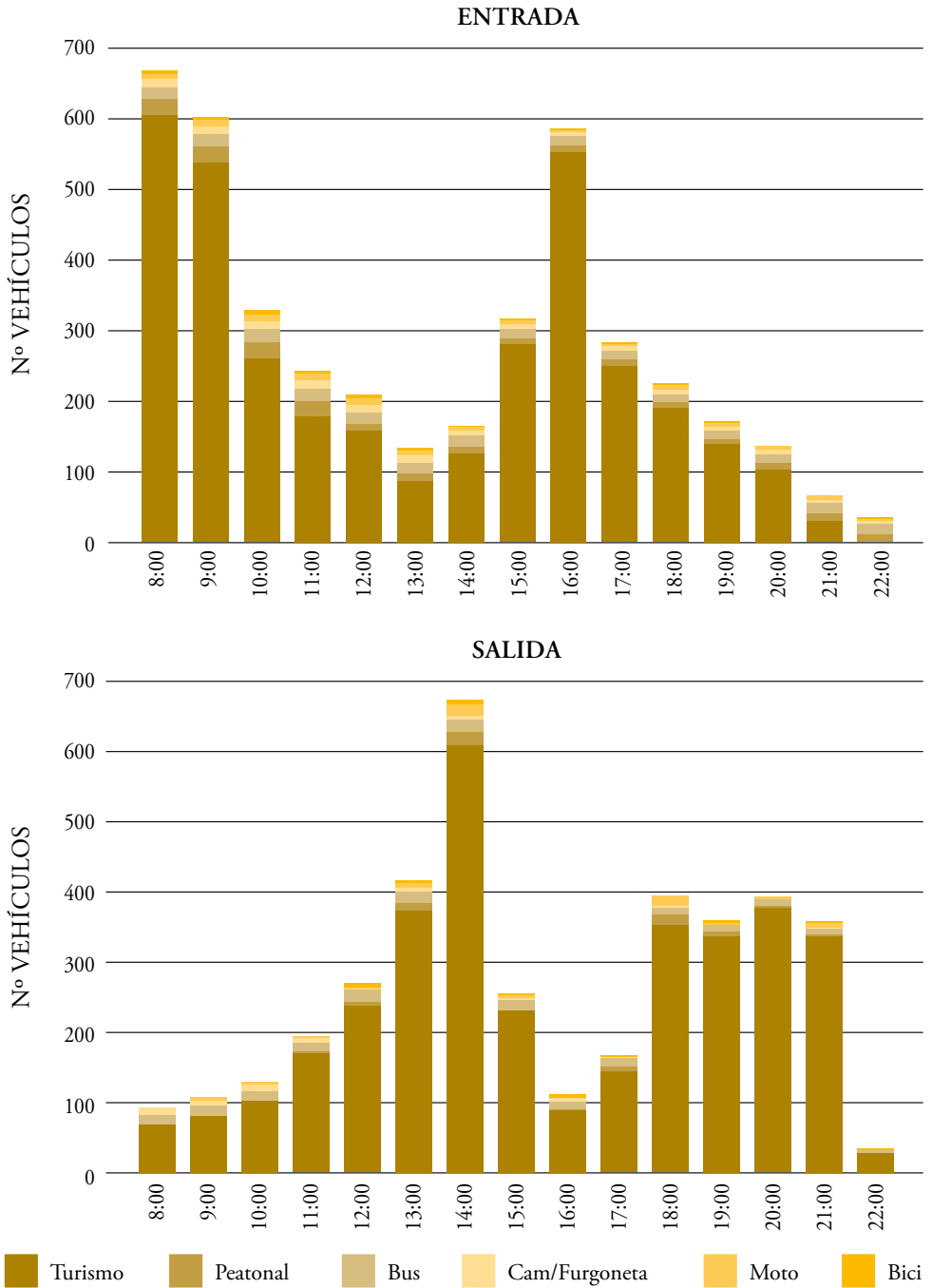


Figura 11. Representación de los datos de aforo en el campus de la ciudad de Cáceres.

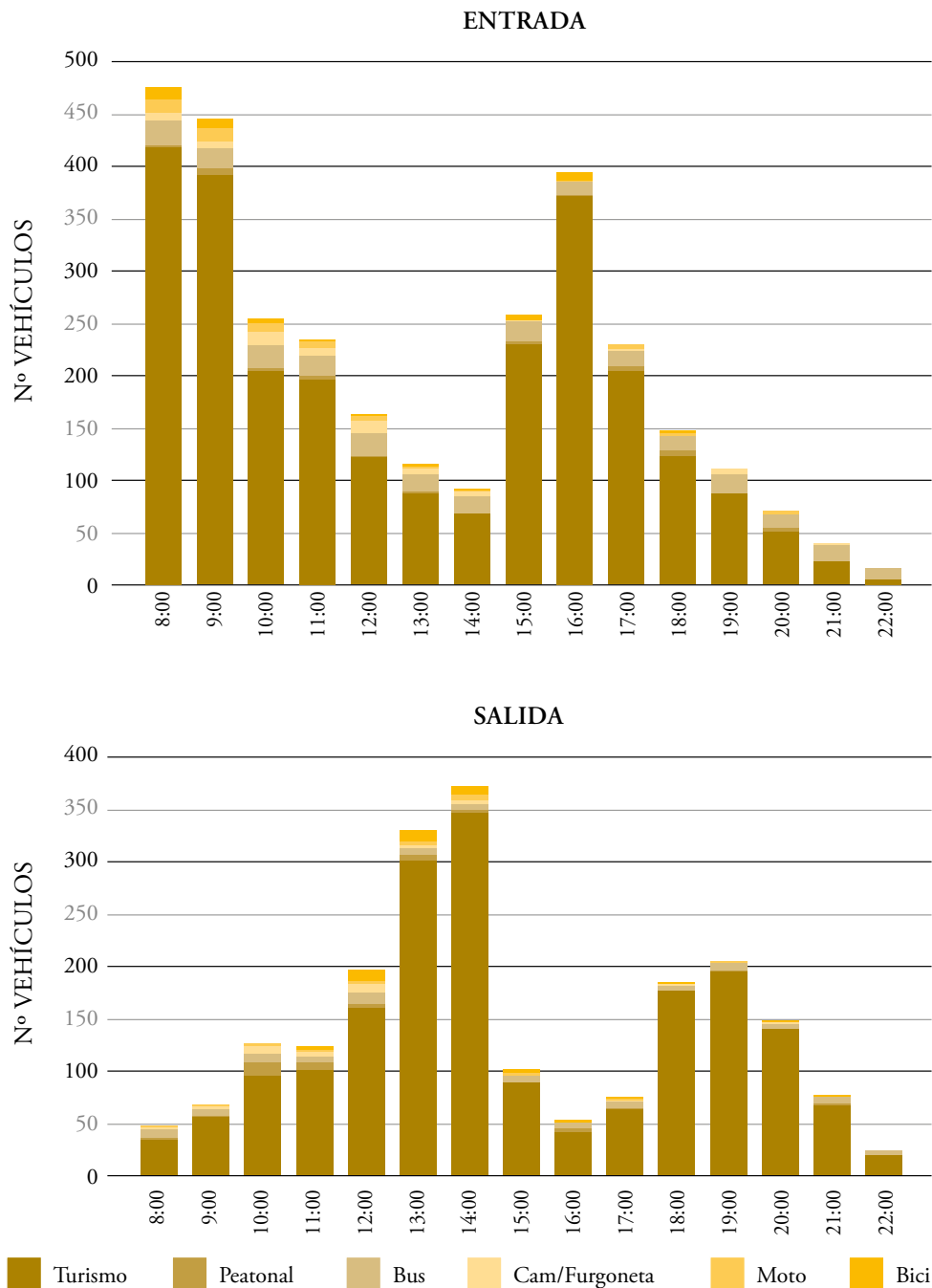


Figura 12. Representación de los datos extraídos del aforo del campus de la ciudad de Badajoz.



Con el periodo de hora punta identificado, el siguiente paso para realizar el aforo completo de los campus, fue realizar conteos en todos los accesos en las horas de máxima intensidad durante un periodo semanal, viendo así, como fluctúa el tráfico a lo largo de la semana. Como el tráfico obtenido en dichas horas punta en cada día de la semana, y el tráfico de referencia se extrapola un volumen de vehículos para cada día de la semana. Esto nos sirve tanto para conocer el volumen de vehículos citado como para validar la encuesta realizada a los usuarios en destino. El método de aforo empleado es el mismo que el utilizado para el aforo de referencia.

#### 2.4. Ajustes de viajes

Con el aforo de vehículos realizado a los dos campus de la Universidad de Extremadura, se pasó a realizar el segundo paso, y uno de los fines para los que fue pensado el conteo. Se realizó una confrontación de los resultados obtenidos de la encuesta con respecto a los modos utilizados para los desplazamientos a los campus y los arrojados por los aforos, con el fin de validar la encuesta realizada.

Para realizar dicho ajuste lo primero que se realizó fue obtener el número de viajes que se realizan en automóvil, identificados por día de la semana y franja diaria del desplazamiento. En las tablas 6, 7, 8 y 9 vemos estas clasificaciones para los centros de Plasencia, Cáceres, Mérida y Badajoz.

**TABLA 6. CLASIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS EN AUTOMÓVIL POR DÍA Y FRANJA DIARIA EN EL CENTRO DE PLASENCIA**

Centro Universitario de Plasencia	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	75	68	66	75	65
Tarde	40	19	36	23	12
Todo el día comiendo en el campus	3	3	2	1	0
Todo el día no comiendo en el campus	14	22	26	13	7

**TABLA 7. CLASIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS EN AUTOMÓVIL POR DÍA Y FRANJA DIARIA EN EL CAMPUS DE CÁCERES**

Campus Universitario de Cáceres	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	255	244	246	242	308
Tarde	27	50	26	54	14
Todo el día comiendo en el campus	89	90	93	89	40
Todo el día no comiendo en el campus	131	137	130	128	55

**TABLA 8. CLASIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS EN AUTOMÓVIL POR DÍA Y FRANJA DIARIA EN EL CENTRO DE MÉRIDA**

Centro Universitario de Mérida	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	56	44	50	48	57
Tarde	65	15	62	18	9
Todo el día comiendo en el campus	8	11	12	4	3
Todo el día no comiendo en el campus	14	17	14	14	5

**TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE DESPLAZAMIENTOS EN AUTOMÓVIL POR DÍA Y FRANJA DIARIA EN EL CAMPUS DE BADAJOZ**

Campus Universitario de Badajoz	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Mañana	141	134	125	129	136
Tarde	71	117	79	118	26
Todo el día comiendo en el campus	6	11	10	12	4
Todo el día no comiendo en el campus	49	49	51	48	34

Una vez tenemos identificados los desplazamientos diarios en cada centro, es necesario identificar los parámetros de la encuesta sobre la relación de la población total y la muestra y la ocupación de los automóviles por cada centro. Dichos parámetros se resumen en la Tabla 10.

**TABLA 10. DATOS MUESTRALES EXTRAÍDOS DE LA ENCUESTA PARA LOS CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA**

Emplazamientos Universitarios	Censo	Nº Encuestas	Enc./Censo	Ocupación
Plasencia	1.519	309	20,3%	1,30
Cáceres	10.629	908	8,5%	1,61
Mérida	932	298	32,0%	1,62
Badajoz	11.995	673	5,6%	1,91

Teniendo en cuenta estos parámetros y los desplazamientos para cada campus universitario, calculamos para cada día de la semana, el número de desplazamientos que se realizan en automóvil y el número de coches que acceden a cada campus. Para ello se tienen en cuenta los viajes encuestados que utilizan este modo de transporte cada día de la semana. Para obtener este número de desplazamientos se aplicó la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ viajes}_{Total} = \frac{N^{\circ} \text{ viajes}_{Enc.X} * Censo}{N^{\circ} \text{ encuestas}}$$

Donde  $N^{\circ} \text{ viajes}_{Total}$  es el número de viajes que realiza la muestra encuestada en vehículo privado a lo largo del día de la semana “X”, el Censo es el total poblacional usuario habitual del campus en cuestión y  $N^{\circ} \text{ encuestas}$  es el número total de encuestas realizadas.

Para el caso del número total de vehículos que acceden a cada campus, considerando el día en el que se ha realizado el aforo de referencia y el número de viajes en vehículo privado según la encuesta, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$N^{\circ} \text{ coches}_{Total} = \frac{Censo * N^{\circ} \text{ coches}_{Enc.}}{N^{\circ} \text{ encuestas}}$$

Donde  $Censo$  es el total poblacional usuario habitual del campus,  $Censo * N^{\circ} \text{ coches}_{Enc.}$  es el número de vehículos privados identificados con la encuesta ( $\text{viajes/ocup}_{veh.}$ ) y  $N^{\circ} \text{ encuestas}$  es el número total de encuestas realizadas.

A continuación en las tablas 11, 12, 13 y 14 se resumen los resultados que arrojan las expresiones anteriores identificadas por campus de estudio.

**TABLA 11. NÚMERO DE DESPLAZAMIENTOS Y AUTOMÓVILES ATRAÍDOS POR EL CENTRO UNIVERSITARIO DE PLASENCIA**

Centro Universitario de Plasencia	Nº Viajes ENC.	Nº Coches ENC	Nº Viajes TOTAL	Nº Coches TOTAL
Lunes	146	113	718	554
Martes	134	103	659	508
Miércoles	156	120	767	592
Jueves	125	96	614	474
Viernes	91	70	447	345

**TABLA 12. NÚMERO DE DESPLAZAMIENTOS Y AUTOMÓVILES ATRAÍDOS POR EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE CÁCERES**

Campus Universitario de Cáceres	Nº Viajes ENC.	Nº Coches ENC	Nº Viajes TOTAL	Nº Coches TOTAL
Lunes	633	393	7.410	4.602
Martes	658	409	7.703	4.784
Miércoles	625	388	7.316	4.544
Jueves	641	398	7.504	4.661
Viernes	472	293	5.525	3.432

**TABLA 13. NÚMERO DE DESPLAZAMIENTOS Y AUTOMÓVILES ATRAÍDOS POR EL CENTRO UNIVERSITARIO DE MÉRIDA**

Centro Universitario de Mérida	Nº Viajes ENC.	Nº Coches ENC	Nº Viajes TOTAL	Nº Coches TOTAL
Lunes	157	97	491	303
Martes	104	64	325	201
Miércoles	152	94	475	294
Jueves	98	61	306	189
Viernes	79	49	247	153

**TABLA 14. NÚMERO DE DESPLAZAMIENTOS Y AUTOMÓVILES ATRAÍDOS POR EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE BADAJOZ**

Campus Universitario de Badajoz	Nº Viajes ENC.	Nº Coches ENC	Nº Viajes TOTAL	Nº Coches TOTAL
Lunes	316	166	5.632	2.956
Martes	360	189	6.416	3.367
Miércoles	316	166	5.632	2.956
Jueves	355	186	6.327	3.320
Viernes	234	123	4.171	2.189

Una vez realizados los cálculos pertinentes para conocer el número de automóviles que acceden a los diferentes campus universitarios según la encuesta realizada a la muestra, pasamos a obtener dicha información de los conteos realizados en los aforos in situ en los accesos a los campus.

Para obtener esta información se utilizó el aforo de referencia en el acceso principal como fuente de aporte de datos globales y los conteos en horas puntos a lo largo de la semana en cada uno de los accesos como factor de extrapolación para llegar al número total de desplazamientos que existen en el campus.

En primer lugar se realizó este estudio en el campus universitario de Cáceres, iniciando este proceso estimando un flujo de automóviles para los accesos secundarios al campus (Politécnica e Intromac), ya que con el aforo de referencia solo contamos con esta información para el acceso principal. Este proceso se realizó a

través de los porcentajes de vehículos que acceden al campus por cada entrada. Para obtener estos flujos se utilizó la siguiente expresión:

$$Entrada_{Politéc.} = \frac{Aforo_{Ent.Ppal.} * \%tráf.Politéc.}{\%tráf.Ent.Ppal.}$$

Donde  $Entrada_{Politéc.}$  es el número de vehículos privados que acceden por la entrada de la Escuela Politécnica,  $Aforo_{Ent.Ppal.}$  es el número de vehículos privados detectados en la campaña de aforo en la entrada principal al campus,  $\%tráf.Politéc.$  es el porcentaje de tráfico en vehículo privado que soportan la entrada al campus por la Escuela Politécnica en la campaña en hora punta y  $\%tráf.Ent.Ppal.$  es el porcentaje de tráfico en vehículo privado que soporta la entrada principal al campus.

Esta expresión es aplicable para la otra entrada cambiando los datos anteriores por los del acceso en cuestión. Los resultados obtenidos de la expresión anterior se resumen en la Tabla 15.

**TABLA 15. RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL AFORO DEL CAMPUS DE CÁCERES**

	Entrada Principal		Entrada Intromac		Entrada Politécnica	
	Nº Vehículos	Entrada Total	Nº Vehículos	Entrada Total	Nº Vehículos	Entrada Total
Lunes	637	83%	59	8%	69	9%
Martes	682	83%	60	7%	78	10%
Miércoles	640	83%	62	8%	65	8%
Jueves	652	85%	58	8%	59	8%
Viernes	483	85%	33	6%	50	9%

Una vez estimados los automóviles que acceden por las entradas restantes de las que no disponíamos de datos de entrada en un día completo, el siguiente paso es sumar todos los vehículos asignados actualmente a cada entrada, obteniendo así el tráfico diario para cada día de la semana. En la Tabla 16, vemos el número de automóviles por día de la semana y en función del acceso al campus.

$$N^{\circ} \text{ coches}_{Total} = Aforo_{Ent.Ppal.} + Entrada_{Politéc.} + Entrada_{Intromac}$$

**TABLA 16. VEHÍCULOS ESTIMADOS SEGÚN LOS AFOROS EN EL CAMPUS DE CÁCERES**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
	Nº Vehículos	Nº Vehículos	Nº Vehículos	Nº Vehículos	Nº Vehículos
Entrada Principal	3.595	3.853	3.604	3.613	2.660
Estimación Entrada Intromac	333	339	349	321	182
Estimación Entrada Politécnica	389	441	366	327	275
Total	4.317	4.633	4.319	4.261	3.117

Para el campus de la ciudad de Badajoz, que es el otro campus en el que se realizaron los aforos de vehículos en los diferentes puntos de acceso, se siguió el mismo proceso que para el campus de Cáceres. En primer lugar en la Tabla 17, vemos el porcentaje de automóviles que acceden al campus por las diferentes entradas y el número de automóviles de estimado. En este caso por la complejidad en la toma de datos solo se consideró analizar los días martes, miércoles y jueves (días centrales de la semana y a priori más estables a lo largo del periodo lectivo).

**TABLA 17. RESULTADOS OBTENIDOS PARA EL AFORO EN EL CAMPUS DE BADAJOZ**

	MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES	
	Nº Vehículos	Entrada Total	Nº Vehículos	Entrada Total	Nº Vehículos	Entrada Total
Entrada Principal 1	329	38%	339	42%	297	39%
Entrada Principal 2	181	21%	141	18%	163	21%
Entrada Derecha 1	123	14%	130	16%	102	13%
Entrada Derecha 2	171	20%	124	15%	147	19%
Entrada Izquierda	66	8%	68	8%	50	7%

Con el número de automóviles estimados en un día completo para cada acceso al campus y para los tres días de estudio, sumamos todos vehículos asignados actualmente a cada entrada, obteniendo así el tráfico diario para cada día de la semana. En la Tabla 18, vemos el número de automóviles por día de la semana y en función del acceso al campus.

**TABLA 18. VEHÍCULOS ESTIMADOS SEGÚN LOS AFOROS PARA EL CAMPUS DE BADAJOZ**

	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES
	Nº Vehículos	Nº Vehículos	Nº Vehículos
Entrada Principal 1	1.716	1.768	1.549
Entrada Principal 2	976	760	879
Entrada Derecha 1	630	666	523
Entrada Derecha 2	784	569	674
Entrada Izquierda	326	336	247
Total	4.433	4.099	3.872

$$N^{\circ} \text{ coches}_{Total} = Aforo_{Ent.Ppal1} + Aforo_{Ent.Ppal2} + Entrada_{Der1} + Entrada_{Der2} + Entrada_{Izq}$$

El último paso para saber si la encuesta realizada se ajusta a lo que nos encontramos realmente en los campus de estudio fue comparar el número de automóviles extraídos de la encuesta y extrapolados a la población total con los que nos arrojan las estimaciones del conteo.

**TABLA 19. COMPARATIVA DE AUTOMÓVILES EN FUNCIÓN DEL DÍA ENTRE LA ENCUESTA Y LO OBSERVADO EN EL CAMPUS DE CÁCERES**

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Encuesta	4.602	4.784	4.544	4.661	3.432
Aforo	4.317	4.633	4.319	4.261	3.117
Error	7%	3%	5%	9%	10%

En la Tabla 19, vemos que la diferencia de vehículos entre la encuesta y el aforo en el día que se realizó el aforo de referencia, es de 151, lo que supone un error

aceptable (3%). En lo que respecta al resto de días, teniendo en cuenta que el valor es estimado se puede considerar válido el error cometido (en torno a un 7%). La diferencia observada entre los vehículos calculados con la encuesta y los del aforo en favor de los primeros, se justifica por el hecho de que hay usuarios que han realizado la encuesta y que revelan que acceden al campus cacereño todos los días en vehículo privado, pero no lo hacen con la misma asiduidad realmente (de ahí que el aforo de vehículos observado sea ligeramente menor).

**TABLA 20. COMPARATIVA DE AUTOMÓVILES EN FUNCIÓN DEL DÍA ENTRE LA ENCUESTA Y LO OBSERVADO EN EL CAMPUS DE BADAJOZ**

	Martes	Miércoles	Jueves
Encuesta	3.367	2.956	3.320
Aforo	4.433	4.099	3.872
Error	24%	28%	14%

En la Tabla 20, vemos que las diferencias entre lo recogido en el aforo y lo que extraemos de la encuesta son mayores. Esto es debido al tráfico que soporta las infraestructuras viales del campus pero que no acuden a él, sino que es un tráfico inducido por el resto de servicios que lo rodean. Este volumen de vehículos según las diferencias estaría estimado en unos 1.000 vehículos, siendo esta una cifra razonable.

En definitiva, estos datos permiten dar por bueno el proceso de encuesta y explotar el resto de información derivada con la que caracterizar la movilidad tanto del campus de Cáceres y Badajoz, como del resto de centros de la Universidad de Extremadura.

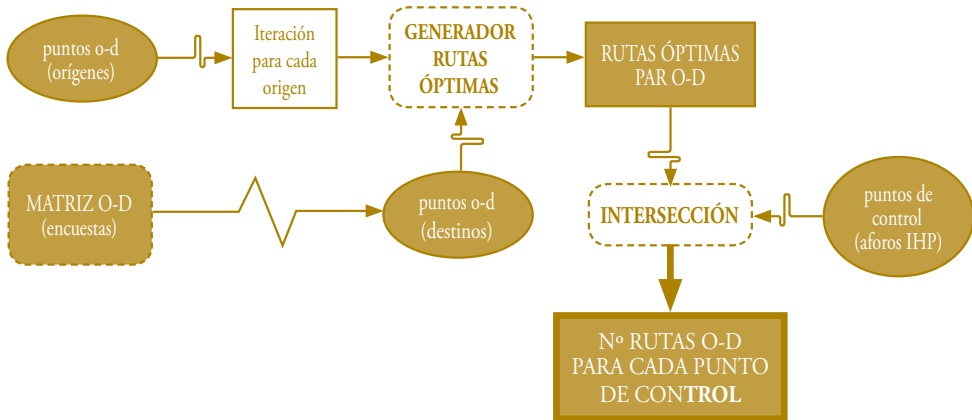
### 3. EL MODELO DE TRANSPORTE

En este apartado del documento se describe la metodología empleada para la creación del modelo bimodal de transporte utilizado. Dicho modelo se comenzó modelizando físicamente los desplazamientos que los diferentes usuarios realizan para acudir a las instalaciones de la Universidad de Extremadura. Eso implica identificar la posición tanto de los orígenes de los desplazamientos (domicilios de los usuarios de la universidad de Extremadura) como de los destinos (centros de la Universidad de Extremadura).



Con lo citado anteriormente definido, se pasó a generar una matriz que relaciona los orígenes con los destinos (matriz O/D). Esto nos permite poder relacionar cada origen con cada centro de destino, identificando así los desplazamientos realizados por nuestros usuarios. Con la creación de este modelo conseguimos poder estimar los flujos de los viajes que se realizan por parte de los usuarios en la red de transporte pertinente, llegando a conocer y predecir las propiedades del objeto real de estudio.

La creación del modelo de transporte enunciado brevemente en estos primeros párrafos y que se desarrolla en su totalidad a continuación, sigue el esquema de la Figura 13.



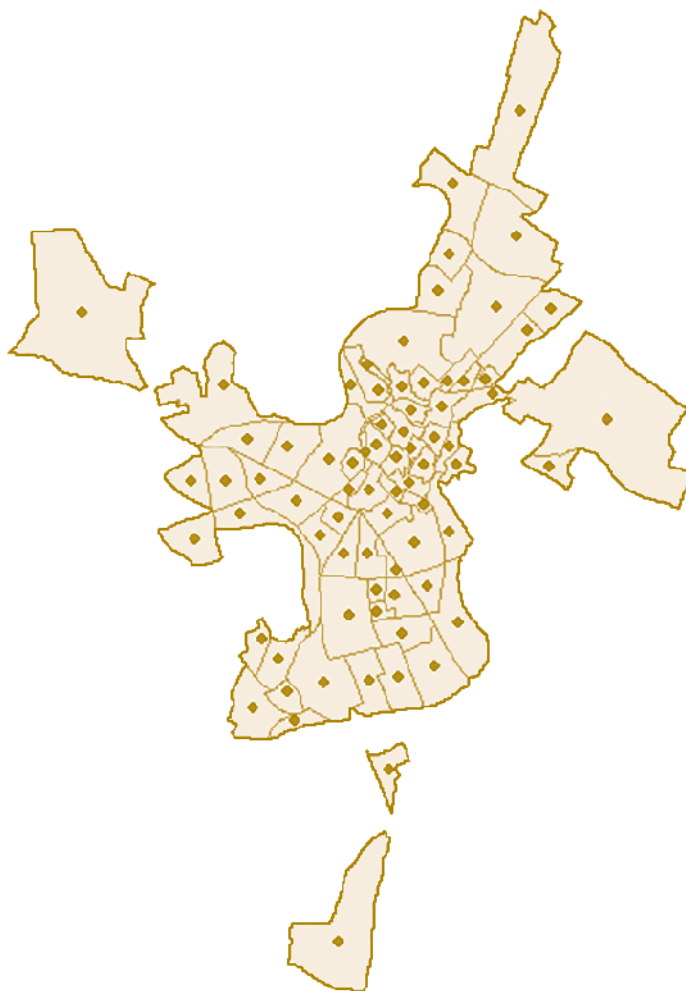
**Figura 13.** Etapas del modelo de transporte empleado para modelizar los desplazamientos.

El comienzo de la realización del modelo de transporte vino dado por los datos que se obtuvieron de la encuesta realizada previamente a los usuarios de la Universidad de Extremadura. De esta encuesta se extraen diferentes datos, como son el domicilio de residencia, el centro de trabajo o estudio, el género y la edad del usuario, modo de transporte, rutinas de desplazamiento, etc. Los datos más relevantes a la hora de iniciar el modelo de transportes fueron los de dirección de residencia del usuario y el centro al cual se desplaza. Para llevar a cabo la modelización física, se partió de los datos de residencia. Dichos datos son tomados como origen para el modelo de transporte.

Para materializar físicamente estos orígenes, se tomó como punto de referencia el núcleo principal del municipio de residencia del usuario. A excepción de en las cuatro ciudades con centros universitarios (Cáceres, Badajoz, Plasencia y Mérida),

que se utilizaron como punto de referencia el núcleo principal de la barriada donde reside el usuario. Esto se realizó así debido al amplio radio de movimientos que se tomaría como cero, si toda la ciudad se representara en un mismo punto, perdiendo todo el movimiento interno de las principales ciudades.

Se disponía de la información espacial del centroide del núcleo principal de cada municipio, pero no es así con la información necesaria de las barriadas. Por tanto, se localizaron los centroides de las barriadas necesarias en latitud y longitud. Una vez realizado este proceso, contamos con la modelización física de todos los orígenes.



**Figura 14.** Ejemplo de barriadas referenciadas a su centroide en la ciudad de Cáceres.

Llegados a este punto, se encontró la necesidad de crear los centros de generación-atracción. Estos puntos son los que en la encuesta corresponden a los centros de trabajo o estudio, la razón de ser de la movilidad obligada de nuestro estudio. Estos centros son los que generan la necesidad del desplazamiento de los usuarios.

Se contaba con la dirección donde se ubican los diferentes centros, al igual que se hizo con los orígenes, se obtuvieron las coordenadas correspondientes de cada centro. Una vez se tienen dichas coordenadas, se utilizaron como punto de referencia del centro, al igual que los núcleos de población en los orígenes, utilizando los centroides como punto de representación de los campus.



**Figura 15.** Localización de los centros que engloba la Universidad de Extremadura.

Una vez que tenemos referenciados a un punto de coordenadas conocidas tanto los orígenes como los destinos, introducimos estos datos en la herramienta que nos ayudara a realizar el modelo. En el programa informático utilizado, también se introdujo una cartografía de las ciudades con campus y centros universitarios como referencia, y la red del viario, tanto de dichas ciudades como de las carreteras de la red nacional actual. Para representar los desplazamientos en el modo de transporte colectivo se introdujeron las líneas de autobús urbano y sus respectivas paradas en las ciudades con campus.

El siguiente paso en la creación del modelo de transporte fue generar las matrices origen destino. Dicha matrices determinan la distancia entre cada uno de los domicilios de los usuarios y los campus universitarios. Este proceso se realizó mediante la extensión de análisis de redes del programa informático que se utilizó en la creación del modelo.

Inicialmente se creó la topología de red, que permite crear una red mallada sobre la red de transporte utilizada. En nuestro caso concreto se crearon dos, una para el modelo de transporte sobre el viario urbano y otra sobre las líneas de autobuses. Esto nos permite modelizar por separado los desplazamientos realizados en Automóvil, bicicleta o andando que discurren por cualquier calle del viario de los desplazamientos realizados sobre un recorrido prefijado en el modo de transporte colectivo.

Una vez creadas las topologías de redes necesarias, se pasó a la creación de las matrices origen/destino, que es lo que se iba buscando. Como se ha citado anteriormente, dicha matriz relaciona cada uno de los puntos de partida con el campus universitario.

Terminado este proceso, se obtienen una serie de archivos en el que aparece cada origen relacionado con los posibles destinos y las distancias en metros que se emplean en recorrer el espacio que separa ambos puntos. En función del modo de transporte empleado (vehículo privado o autobús urbano).

El siguiente paso, para finalizar con el modelo bimodal de transporte propuesto, fue la asignación de red, esto consistió en determinar los viajes que realmente se producen a los diferentes centros de la Universidad de Extremadura y desde que orígenes, ya que las matrices creadas nos realizan el estudio para todas las posibles combinaciones. Por tanto, hubo que confrontar los datos obtenidos de las matrices con los datos de la encuesta realizada a los usuarios.

Esto se llevó a cabo mediante una base de datos, en este caso se utilizó la base de datos de Access. En dicha base de datos se volcaron todos los datos que se tenían,

tanto de las matrices origen/destino, como de la encuesta y el censo total de usuarios. Con este proceso se logró identificar los desplazamientos desde cada origen a su centro correspondiente.

El último paso antes de la explotación de los datos fue la calibración de datos. Se estimó que este paso no fue necesario en el caso concreto de este estudio, debido a que los datos obtenidos son razonables, hay un volumen de datos en la encuesta lo suficientemente grande como para tomar como válidos los resultados.

Con el modelo de transporte finalizado se pasó a la explotación del mismo. Del modelo se podrá obtener toda la información necesaria para evaluar la situación actual de la movilidad de la Universidad de Extremadura y plantear las posibles líneas de actuación para abordar los problemas detectados y encauzar la movilidad existente hacia una movilidad más sostenible.